



Liliana Martins Frade

Licenciada em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Metodologia de Avaliação e Mitigação do Risco em Projetos na Indústria Automóvel

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Virgínia Helena Machado, Professora
Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de
Lisboa

Coorientadora: Professora Doutora Ana Paula Barroso, Professora Auxiliar,
Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Professora Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes

Arguente: Professor Doutor Nuno Alexandre Correia Martins Cavaco

Vogais: Professora Doutora Virgínia Helena Arimateia de Campos Machado
Engenheiro Vítor Abílio Rodrigues Martins



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro, 2016

Metodologia de Avaliação e Mitigação do Risco em Projetos na Indústria Automóvel

Copyright © Liliana Martins Frade, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Queria começar por agradecer à Professora Virgínia Machado e Professora Ana Paula Barroso, pela orientação deste meu trabalho, partilha de opiniões e sugestões de realização.

À empresa Volkswagen Autoeuropa a oportunidade de integrar a mesma, para o desenvolvimento da minha dissertação de mestrado. Dando-me assim a oportunidade de trabalhar e conhecer o funcionamento da maior empresa de produção em Portugal.

Gostaria também de agradecer a orientação do Vítor Martins, ajuda, conselhos e esclarecimentos durante e após o meu estágio. Queria ainda agradecer a oportunidade que me deu de conhecer e integrar a equipa de trabalho do Centro de Medições, com quem tive oportunidade de partilhar estes últimos seis meses. A todos os membros desta equipa, um grande obrigado pela disponibilidade, simpatia e ajuda que facilitaram em muito o desenvolvimento deste trabalho.

Um agradecimento especial à Cristina Isidoro, por toda a ajuda, orientação e apoio dados, e ainda ao Bruno Rodrigues que me ajudou sempre que necessário. Os dois, em conjunto com o Vítor Martins, foram um grande apoio, além de todo o conhecimento que me transmitiram.

Aos meus pais e ao meu irmão o apoio incondicional que me deram desde sempre e a tudo o que fizeram por mim.

Ao meu namorado pelo apoio, ajuda e força dadas durante todos estes anos.

Aos meus amigos, pelo companheirismo, amizade e momentos de entreajuda que passámos.

Por fim gostaria de agradecer a todos os professores do Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, por todos os conhecimentos transmitidos, ajuda, oportunidade e contributo não só para o meu crescimento profissional, mas também pessoal.

Resumo

Nos últimos anos tem-se verificado um forte aumento da competitividade em vários setores de negócio, nomeadamente o setor automóvel. A customização do produto final, as elevadas exigências de qualidade, o ciclo de vida curto dos produtos e, consequentemente, a necessidade de tornar os processos produtivos mais flexíveis, têm levado as organizações a apostar na inovação e na melhoria dos seus processos. De modo a responder a estas necessidades, têm surgido projetos nas organizações orientados para a aquisição de equipamentos e implementação de novas tecnologias. Para fazer face às restrições existentes, sobretudo em termos de custos e prazos, os gestores de projeto têm à sua disposição um conjunto de técnicas de planeamento e controlo apresentadas e discutidas na literatura, das quais se destacam a combinação das técnicas *Critical Path Method/Program Evaluation and Review Technique* e a técnica *Earned Value Management*.

Um dos principais fatores de insucesso em gestão de projetos é o incumprimento de prazos, o que tem motivado vários autores a estudarem técnicas e metodologias de aceleração de projetos, dando particular destaque à aplicação das técnicas de *Crashing* e *Fast Tracking*, tanto isoladamente como em conjunto. Nesse sentido, na presente dissertação são analisadas as técnicas de planeamento, controlo e aceleração de projetos supramencionadas e é proposta uma metodologia de avaliação e mitigação do risco de incumprimento de prazos.

A metodologia proposta é aplicada a um projeto a decorrer na empresa Volkswagen Autoeuropa, cujo objetivo é controlar e gerir os processos associados à aquisição e implementação de um equipamento de medição ótica por fotogrametria. A necessidade de aquisição do equipamento de medição deve-se ao aumento de produção previsto na Volkswagen Autoeuropa a partir de 2017, ano de lançamento de um novo modelo automóvel, o que torna o cumprimento dos prazos um fator crítico e um dos principais fatores a controlar neste projeto.

Palavras-chave: gestão de projetos; aceleração de projetos; avaliação do risco; *crashing*; *fast tracking*

Abstract

In the last years, several business sectors, in which the automotive sector is included, have experienced a strong increase in competitiveness. The customization of the final product, the high quality requirements, the short life cycle of products and, consequently, the need to increase production processes flexibility, have led organizations to focus on innovation and on the improvement of its processes. In order to meet these needs, numerous new projects oriented to the acquisition of equipment and new technologies have been launched in the organizations. To address the existing constraints, particularly in terms of cost and time, project managers have at their disposal a set of planning and control techniques presented and discussed in the literature, of which are worth of mention the combination of *Critical Path Method/Program Evaluation and Review Technique* and *Earned Value Management*.

However, missed deadlines remain as one of the main reasons to not achieve project success, which has prompted several authors to study schedule acceleration techniques, with a particular emphasis on Crashing and Fast Tracking, either conducted separately either as complementary techniques. Therefore, in the present dissertation are presented and discussed the planning, control and acceleration techniques mentioned above and it is proposed a methodology to evaluate and mitigate the risk of missed deadlines.

The proposed methodology is applied to a project taking place in Volkswagen Autoeuropa, which goal is to acquire a new measuring equipment with a photogrammetry system. The acquisition of a new measuring system is due to the expected increase in production at Volkswagen Autoeuropa from 2017, launch year of a new car model, which makes meeting deadlines a critical factor and one of the main factors to control in this project.

Keywords: project management; project acceleration, risk evaluation, crashing, fast tracking

Índice de Matérias

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Motivação e Questão Central da Investigação.....	1
1.3	Objetivos	2
1.4	Metodologia.....	2
1.5	Organização do Conteúdo	4
2	Revisão da Literatura – Gestão e Controlo de Projetos.....	5
2.1	Introdução à Gestão de Projetos e Conceitos Base	5
2.1.1	Definição de Projeto	5
2.1.2	Definição de Gestão de Projetos.....	6
2.1.3	Definição de Gestão de Portfólios	6
2.1.4	Definição de Gestão de Programas	6
2.1.5	Ciclo de Vida de um Projeto	6
2.1.6	Processos na Gestão de Projetos.....	7
2.1.6.1	Iniciação	8
2.1.6.2	Planeamento.....	8
2.1.6.3	Execução	8
2.1.6.4	Monitorização e Controlo.....	8
2.1.6.5	Encerramento.....	8
2.2	Planeamento de Projetos	9
2.2.1	Definição do Âmbito	9
2.2.2	Definição de Atividades.....	9
2.2.2.1	Definição de <i>Work Breakdown Structure</i>	10
2.2.3	Relação de Dependência entre atividade.....	11
2.2.4	Estimativa da Duração das Atividades e Duração do Projeto	11
2.2.5	Avaliação do Risco em Gestão de Projetos.....	14
2.2.5.1	Técnicas de avaliação do risco.....	14
2.3	Monitorização e Controlo de Projetos.....	15
2.3.1	Fatores de Controlo em Gestão de Projetos	15
2.3.2	Técnicas de Controlo de Projetos	16
2.3.3	Pontos de Controlo	17
2.3.4	Técnicas de Aceleração de Projetos.....	17
2.3.4.1	<i>Crashing</i>	18
2.3.4.2	<i>Fast Tracking</i>	20
2.3.4.3	Substituição	22
2.3.4.4	Combinação de diferentes técnicas	22
2.4	Síntese do Capítulo	25
3	Descrição do Caso de Estudo	27
3.1	Enquadramento	27
3.1.1	Caracterização da Empresa	27
3.1.1.1	<i>Equipa de Masterbuck e de Cubing do Scirocco e Sharan/Alhambra</i>	28
3.1.1.2	Equipa de Medições e Controlo Geométrico.....	29
3.1.1.3	Equipa de Análise e Amostras Iniciais.....	29
3.1.1.4	Equipa de Projetos e Programação <i>Offline</i>	30

3.1.2	Objetivos do Centro de Medições.....	30
3.1.3	Motivação.....	30
3.1.4	Identificação da Solução	32
3.1.5	Implementação da Solução.....	34
3.1.5.1	Limitação - Tempo.....	35
3.1.5.2	Limitação – Espaço	35
3.1.5.3	Limitação - Custo.....	36
3.2	Síntese do Capítulo	36
4	Plano de Gestão do Projeto de Aquisição do Equipamento de Medição Ótica	39
4.1	Plano de Gestão do Âmbito.....	39
4.1.1	Declaração do Âmbito	39
4.1.1.1	Definição do Âmbito.....	39
4.1.1.2	Exclusões.....	39
4.1.1.3	Restrições	39
4.1.1.4	<i>Deliverables</i> do Projeto.....	40
4.1.2	Recolha de Requisitos.....	40
4.1.2.1	Registo de Stakeholders	40
4.1.2.2	Definição de Requisitos.....	43
4.1.3	Criação da <i>Work Breakdown Structure</i>	43
4.1.4	Verificação e Controlo do Âmbito.....	44
4.2	Plano de Gestão de Prazos.....	44
4.2.1	Lista de Atividades	44
4.2.2	Restrição	45
4.2.3	Análise da Calendarização	45
4.2.4	Análise Caminho Crítico.....	46
4.2.5	Análise de Folgas.....	48
4.2.6	Identificação de <i>Milestones</i>	49
4.3	Plano de Gestão de Recursos Humanos	50
4.3.1	Recursos Internos a Envolver.....	50
4.3.1.1	Ocupação de Recursos internos	51
4.3.2	Recursos Externos a Serem Envolvidos.....	53
4.3.2.1	Ocupação de Recursos Externos	53
4.4	Plano de Gestão de Custos	54
4.4.1	Custos com Recursos Humanos	54
4.4.2	Custos com Aquisição de Equipamentos	55
4.4.3	Custos com Serviços Externos	55
4.5	Plano de Gestão da Qualidade	56
4.5.1	CrITÉrio de Aceitação e Processos de Verificação	56
4.6	Plano de Gestão do Risco.....	57
4.6.1	Identificação dos Riscos.....	57
4.6.2	Avaliação dos Riscos	58
4.6.2.1	Probabilidade de Ocorrência.....	58
4.6.2.2	Escala de Impacto	59
4.6.2.3	Matriz Probabilidade e Impacto.....	59
4.6.3	Estratégia de Prevenção do Risco.....	60
4.6.4	Monitorização e Controlo do Risco	62

4.7	Síntese do Capítulo	62
5	Metodologia de Avaliação e Mitigação do Risco de Incumprimento de Prazos em Projetos ...	63
5.1	Fatores de Controlo	63
5.1.1	Prazos.....	63
5.1.2	Custos	63
5.2	Metodologia Proposta	64
5.2.1	Fase 1 - Planeamento	64
5.2.1.1	Etapa 1 - <i>Inputs</i>	64
5.2.1.2	Etapa 2 - Modelo Matemático	66
5.2.1.3	Etapa 3 - <i>Outputs</i>	74
5.2.2	Fase 2 – Execução	74
5.2.2.1	Etapa 4 - <i>Inputs</i>	75
5.2.2.2	Etapa 5 - Modelo Matemático	75
5.2.2.3	Etapa 6 - <i>Outputs</i>	77
5.3	Síntese do Capítulo	77
6	Aplicação da Metodologia e Discussão de Resultados	79
6.1	Aplicação da Metodologia.....	79
6.1.1	Fase 1 - Planeamento	79
6.1.1.1	<i>Etapa 1 - Inputs</i>	79
6.1.1.2	Etapa 2 - Modelo Matemático	80
6.1.1.3	Etapa 3 - <i>Outputs</i>	85
6.1.2	Fase 2 - Execução	85
6.1.2.1	Ponto de Controlo I.....	85
6.1.2.2	Ponto de Controlo II.....	89
6.1.2.3	Ponto de Controlo III	93
6.2	Conclusões e Discussão de Resultados	96
6.2.1	Conclusões da Aplicação da Metodologia Proposta	96
6.2.2	Discussão de Resultados	98
6.2.2.1	Hipótese II	98
6.2.2.2	Hipótese III.....	101
6.2.3	Análise de Sensibilidade	101
7	Conclusões e Recomendações	103
7.1	Conclusões do Estudo	103
7.2	Limitações	107
7.3	Contribuições.....	107
	Referências Bibliográficas	109
	Anexos	113
	Anexo I. <i>Project Charter</i>	113
	Anexo II. <i>Requirements Traceability Matrix</i>	117
	Anexo IV. Atividades, Durações, Recursos e Precedências do Projeto	119
	Anexo VI. Recursos alocados no projeto.....	137
	Anexo VII. Project Risk Register.....	139
	Anexo VIII. Documentação de Suporte - <i>Inputs</i>	141
	Anexo IX. Documentação de <i>Outputs</i>	143
	Anexo X. <i>Inputs</i> – Parte I da Metodologia.....	145
	Anexo XI. Programação Função Crash no Solver.....	147

Índice de Figuras

Figura 1.1	- Metodologia de desenvolvimento da dissertação.....	3
Figura 2.1	- Riscos e incerteza vs custo da mudança	7
Figura 2.2	- Processos na gestão de projetos	7
Figura 2.3	- Exemplo de uma WBS	10
Figura 2.4	- Exemplo rede AOA.....	12
Figura 2.5	- Exemplo Rede AON	12
Figura 2.6	- Matriz de probabilidade e impacto.....	14
Figura 2.7	- O triângulo do fogo.....	15
Figura 2.8	- Diferentes técnicas de aceleração de projetos aplicadas num diagrama de Gantt	18
Figura 2.9	- Sequencial, paralelo, e <i>Fast Tracking</i>	20
Figura 2.10	- Tipos de <i>Fast Tracking</i> com base no grau de evolução e sensibilidade das atividades a desempenhar.....	22
Figura 2.11	- Aplicação de <i>Crashing</i> e <i>Fast Tracking</i> com base nos diferentes graus de sensibilidade e evolução	23
Figura 2.12	- Modelo combinado <i>Crashing/Fast Tracking</i>	24
Figura 3.1	- Organigrama da Área da Qualidade VW AE.....	29
Figura 3.2	- Capacidade de medição atual do Centro de Medições	31
Figura 3.3	- Capacidade de medição atual e Capacidade de medição necessária	32
Figura 3.4	- Capacidade de medição futura do Centro de Medições – Cenário pessimista.....	33
Figura 3.5	- Capacidade de medição futura do Centro de - Cenário Otimista.....	34
Figura 3.6	- Equipamento de medição ótica.....	34
Figura 4.1	- Interesse vs Poder <i>Stakeholders</i>	41
Figura 4.2	- Períodos de pausa VW AE	46
Figura 4.3	- Organigrama do Projeto	51
Figura 4.4	- Horas ocupadas pelo total dos recursos internos alocados ao projeto.....	52
Figura 4.5	- Horas ocupadas pelo total dos recursos externos alocados ao projeto	53
Figura 4.6	- Custos com Recursos Humanos.....	55
Figura 4.7	- <i>Risk Breakdown Structure</i>	58
Figura 4.8	- Matriz de Probabilidade e Impacto	60
Figura 5.1	- Metodologia Proposta	64
Figura 5.2	- Cenário otimista, esperado e pessimista.....	66
Figura 5.3	- Avaliação do risco de incumprimento de prazos	70
Figura 5.4	- Processo de <i>Fast Tracking</i>	73
Figura 6.1	- Esquema de <i>inputs</i> e <i>outputs</i> da metodologia.....	79
Figura 6.2	- Página inicial da ferramenta proposta	81
Figura 6.3	- Matriz de avaliação e de identificação do risco	84
Figura 6.4	- Matriz de avaliação e identificação do risco.....	87
Figura 6.5	- Matriz de avaliação e identificação do risco – Após <i>Crashing</i>	88
Figura 6.6	- Matriz de avaliação e identificação do risco – Ponto de Controlo II	91
Figura 6.7	- Matriz de avaliação e identificação do risco – Após <i>Crashing</i> – Ponto de Controlo II	92
Figura 6.8	- Matriz de avaliação e identificação do risco – Ponto de Controlo III	95
Figura 6.9	- Duração esperada do projeto ao longo do tempo.....	96
Figura 6.10	- Custo de aplicação de <i>Crashing</i> vs custo de incumprimento de prazos	97
Figura 6.11	- Custo de <i>Crashing</i> vs custo de incumprimento de prazos.....	97
Figura 6.12	- Custo de aceleração do projeto	98
Figura 6.13	- Matriz de avaliação e identificação do risco.....	100
Figura 6.14	- Custo de aceleração do projeto - Hipótese II.....	101
Figura 6.15	- Custo de incumprimento de prazos – Hipótese III.....	101

Figura 6.16 - Custo de aceleração do projeto em função do fator incremental de aplicação de recursos extra.....	102
Figura 6.17 - Custo de aceleração do projeto em função do fator <i>rework</i>	102

Índice de Tabelas

Tabela 3.1 - Tipos de Falha e Pontuações	29
Tabela 4.1 - Análise de <i>Stakeholders</i>	42
Tabela 4.2 - Fases do Projeto.....	44
Tabela 4.3 - Calendarização Fases do projeto	46
Tabela 4.4 - Caminho Crítico – Parte I	47
Tabela 4.5 - Caminho Crítico Parte II	48
Tabela 4.6 - Percentagem de atividades críticas por fase	48
Tabela 4.7 - Folga livre e total por Fase do Projeto	49
Tabela 4.8 - Folgas 0 por Fase do Projeto	49
Tabela 4.9 - Lista de Milestones	50
Tabela 4.10 - Recursos internos diretamente envolvidos no projeto	51
Tabela 4.11 - Empresas Subcontratadas.....	53
Tabela 4.12 - Custo/hora por categoria	54
Tabela 4.13 - Custos com aquisição de equipamentos.....	55
Tabela 4.14 - Custos com subcontratação de serviços – Parte I	56
Tabela 4.15 - Critérios de Aceitação e Processos de verificação dos pontos-chave – Parte I.....	56
Tabela 4.16 - <i>Project Risk Register</i> : Riscos e Causas Potenciais.....	57
Tabela 4.17 - Escala de probabilidade de ocorrência de um dado risco.....	58
Tabela 4.18 - Probabilidade de ocorrência de cada risco	58
Tabela 4.19 - Quantificação do impacto por área	59
Tabela 4.20 - Pontuação total do impacto de cada risco	59
Tabela 4.21 - Tratamento de riscos “elevados” (zona vermelha)	60
Tabela 4.22 - Tratamento de riscos “moderados” (zona amarela)	61
Tabela 6.1 - Atividades do caminho crítico - cenário otimista – Parte I	81
Tabela 6.2 - Atividades do caminho crítico - cenário pessimista	83
Tabela 6.3 - Probabilidade da duração esperada na fase de planeamento exceder o <i>target</i> e duração pessimista	84
Tabela 6.4 - <i>Outputs</i> – Fase de Replaneamento.....	85
Tabela 6.5 - Pontos de controlo do projeto.....	85
Tabela 6.6 - Percentagem de conclusão planeada vs real – Ponto de Controlo I.....	86
Tabela 6.7 - Cenário esperado - Ponto de Controlo I.....	86
Tabela 6.8 - Probabilidades a ter em considerando no processo de avaliação do risco – Ponto de Controlo I.....	86
Tabela 6.9 - Resultados obtidos após aplicação de <i>Crashing</i>	87
Tabela 6.10 - Probabilidades a ter em conta no processo de avaliação do risco – Após <i>Crashing</i> ...	87
Tabela 6.11 - Alocação de recursos extra e respetivo custo de <i>Crashing</i>	88
Tabela 6.12 - <i>Outputs</i> – Fase de execução Ponto I	89
Tabela 6.13 - <i>Outputs</i> - Fase de execução Ponto I após aplicação de <i>Crashing</i>	89
Tabela 6.14 - Percentagem de conclusão planeada vs real – Ponto de Controlo II	90
Tabela 6.15 - Cenário esperado - Ponto de Controlo II	90
Tabela 6.16 - Identificação das probabilidades a ter em conta no processo de avaliação do risco – Ponto de Controlo II	90
Tabela 6.17 - Resultados obtidos após aplicação de <i>Crashing</i>	91
Tabela 6.18 - Identificação das probabilidades a ter em conta no processo de avaliação do risco – Após <i>Crashing</i> - Ponto de Controlo II	91

Tabela 6.19 - Alocação de recursos extra e respetivo custo de <i>Crashing</i>	93
Tabela 6.20 - <i>Outputs</i> – Fase de execução Ponto II.....	93
Tabela 6.21 - <i>Outputs</i> – Fase de execução Ponto II após aplicação de <i>Crashing</i>	93
Tabela 6.22 - Percentagem de conclusão planeada vs real – Ponto de Controlo III	94
Tabela 6.23 - Cenário esperado - Ponto de Controlo III	94
Tabela 6.24 - Identificação das probabilidades a ter em conta no processo de avaliação do risco – Ponto de Controlo III	94
Tabela 6.25 - <i>Outputs</i> – Fase de execução Ponto III.....	95
Tabela 6.26 - Avaliação do risco ao longo do projeto	96
Tabela 6.27 - Hipóteses para aplicação da técnica Fast Tracking	98
Tabela 6.28 - Identificação das Probabilidades a ter em conta no Processo de Avaliação do Risco – Após <i>Fast Tracking</i>	99
Tabela 6.29 - Cenário esperado - Ponto de Controlo II – Hipótese II.....	100
Tabela 6.30 - Cenário esperado - Ponto de Controlo III - Hipótese II.....	100
Tabela 7.1 – <i>Outputs</i> dos pontos de controlo	105
Tabela 7.3 – Recursos extra alocados – Ponto de Controlo I.....	106
Tabela 7.4 – <i>Outputs</i> das diferentes hipóteses de aplicação de medidas no projeto em análise.....	106
Tabela II.1 - <i>Requirements Traceability Matrix</i> - Parte I.....	117
Tabela II.2 - <i>Requirements Traceability Matrix</i> - Parte II.....	118
Tabela IV.1 – Dados das atividades do projeto - Parte I.....	119
Tabela IV.2 - Dados das atividades do projeto - Parte II	120
Tabela IV.3 - Dados das atividades do projeto - Parte III.....	121
Tabela IV.4 - Dados das atividades do projeto - Parte IV.....	122
Tabela IV.5 - Dados das atividades do projeto - Parte V	123
Tabela IV.6 - Dados das atividades do projeto - Parte VI.....	124
Tabela IV.7 - Dados das atividades do projeto - Parte VII	125
Tabela IV.8 - Dados das atividades do projeto - Parte VIII	126
Tabela IV.9 - Dados das atividades do projeto - Parte IX.....	127
Tabela IV.10 - Dados das atividades do projeto - Parte X.....	128
Tabela IV.11 - Dados das atividades do projeto - Parte XI.....	129
Tabela IV.12 - Dados das atividades do projeto - Parte XII.....	130
Tabela IV.13 - Dados das atividades do projeto - Parte XIII	131
Tabela IV.14 - Dados das atividades do projeto - Parte XIV	132
Tabela IV.15 - Dados das atividades do projeto - Parte XV	133
Tabela IV.16 - Dados das atividades do projeto - Parte XVI.....	134
Tabela IV.17 - Dados das atividades do projeto - Parte XVII.....	135
Tabela VII.1 - <i>Project Risk Register</i> Parte I.....	139
Tabela VII.2 - <i>Project Risk Register</i> Parte II.....	140
Tabela IX.1 - Tabela resumo da aplicação da metodologia.....	143
Tabela X.1 - Identificação de <i>inputs</i>	145

Lista de Abreviaturas

CAD	- <i>Computer Aided Design</i>
CEO	- <i>Chief Executive Officer</i>
CP5	- Control Point 5
CPM	- <i>Critical Path Method</i>
FF	- <i>Finish-to-Finish</i>
FS	- <i>Finish-to-Start</i>
GOM	- <i>Gesellschaft für Optische Messtechnik</i>
IT	- <i>Information Technologies</i>
MC1	- Máquina de Clinching 1
MC2	- Máquina de Clinching 2
PERT	- <i>Program Evaluation and Review Technique</i>
PIB	- Produto Interno Bruto
PIR	- <i>Purchase Information Request</i>
PMBOK	- <i>Project Management Body of Knowledge</i>
PO	- <i>Purchase Offer</i>
PR	- <i>Purchase Request</i>
RBS	- <i>Risk Breakdown Structure</i>
RPS	- <i>Reference Point System</i>
RTM	- <i>Requirements Traceability Matrix</i>
SF	- <i>Start-to-Finish</i>
SOP	- <i>Start of Production</i>
SS	- <i>Start-to-Start</i>
TQS	- <i>Technischer Qualitäts Standard</i> (Técnicas Padrão da Qualidade)
TI	- Término a Início
UM	- Unidades Monetárias
VIKO	- <i>Video Konferenz</i> (Sala de Vídeo Conferência)
VW	- Volkswagen
VW AE	- Volkswagen Autoeuropa
WBS	- <i>Work Breakdown Structure</i>
ZSB	- <i>Zusammenbau</i> (Subconjuntos)

Lista de Símbolos

C_{CR}	- Custo de aplicação de <i>Crashing</i>
c_{cr}	- Custo de <i>crash</i> /atividade
C_{FT}	- Custo de aplicação <i>Fast Tracking</i>
c_{ij}	- Custos incrementais de aplicação da técnica de <i>crash</i>
C_{ij}	- Custos <i>standard</i> de execução de uma atividade
C_{IP}	- Custos de incumprimento de prazos
C_M	- Custo com material
c_r	- Custo médio/dia.recurso humano
C_{RE}	- Custo de <i>rework</i>
C_{RH}	- Custo com recursos humanos internos VW AE
c_{RH}	- Custo médio/recurso humano.atividade
C_S	- Custo com subcontratação de serviços
C_{Ti}	- Custo total/atividade
D_{CR}	- Duração da atividade após <i>crash</i>
D_{CRP}	- Duração do projeto após o <i>crash</i>
D_E^*	- Duração esperada alterada
D_E	- Duração esperada
D_{EP}	- Duração esperada do projeto
D_{FTP}	- Duração do projeto após <i>Fast Tracking</i>
D_M	- Duração mais provável
D_O	- Duração otimista
D_{OP}	- Duração otimista do projeto
D_P	- Duração pessimista
D_{PP}	- Duração pessimista do projeto
F_{IRH}	- Fator incremental de alocação de recursos extra
F_O	- Fator otimista
F_P	- Fator pessimista
F_R	- Fator de <i>rework</i>
i	- Atividade i do projeto

i_{PR}	- Incumprimento de prazos
m_{ij}	- Tempo máximo de <i>crash</i> /atividade
p	- Número de atividades realizadas em paralelo após aplicação de <i>Fast Tracking</i>
R_A	- Recursos alocados
R_E	- Recursos extra
R_{MAX}	- Recursos máximos.atividade
R_{MIN}	- Recursos min.atividade
T	- <i>Target</i>
T_b	- Data de início do projeto
T_c	- Duração do projeto
T_{ij}	- Duração normal/atividade
t_{ij}	- Duração de <i>crash</i> /atividade
x	- Número de atividades
x_i	- Data de ocorrência do evento i
y_{ij}	- Tempo de <i>crash</i> da atividade i - j
ε	- Fator de conclusão
θ	- Fator de criticidade
σ_{DE}	- Desvio padrão da duração esperada
σ_{DE}^2	- Variância da duração esperada
σ_{DEP}	- Desvio padrão da duração esperada do projeto
σ_{DEP}^2	- Variância da duração esperada do projeto
ω	- Ponto de controlo
% C_P	- Percentagem de conclusão planeada
% C_R	- Percentagem de conclusão real

CAPÍTULO I

1 Introdução

Neste primeiro capítulo é apresentado o enquadramento, a motivação, a questão central de investigação e os objetivos da dissertação. Estabelece-se, ainda, a metodologia utilizada, bem como a estrutura do documento.

1.1 Enquadramento

Nos últimos anos tem-se verificado um forte aumento da competitividade nos vários setores de negócio. As elevadas exigências de qualidade, o curto ciclo de vida dos produtos e, como consequência, uma forte necessidade em tornar os processos produtivos mais flexíveis, tem gerado alterações no ambiente industrial (Copertari, 2011). Desta forma, as empresas têm-se focado na inovação e melhoria contínua dos seus processos de modo a cumprir de forma eficaz e eficiente as exigências e necessidades dos seus clientes. A par destas preocupações, a gestão de projetos tem ganho cada vez mais importância nas organizações. A gestão de projetos tem como propósito, não só o cumprimento das metas tradicionais de *budget* e de desempenho, como também o cumprimento dos objetivos estratégicos da empresa, sendo este conseguido através do alinhamento dos projetos executados com as estratégias pretendidas (Patanakul & Shenhar, 2012). Deste modo, têm surgido inúmeros projetos na área da inovação, com o objetivo de melhorar os processos produtivos, possibilitando, assim, o aumento da produtividade, qualidade e serviço ao cliente (Meredith & Mantel, 2011). Os projetos de inovação são, assim, elementos prioritários nas organizações e as organizações que não os possuem correm o risco de se tornar obsoletas, não conseguindo sobreviver no ambiente competitivo do mercado (Shenhar, Dvir, Levy & Maltz, 2001).

Os atrasos e interrupções imprevistas são um dos principais problemas detetados na gestão de projetos podendo levar as organizações a incorrer em custos extra face ao *budget* estabelecido (Hazini, Dehghan & Ruwanpura, 2014). De modo a minimizar a probabilidade de ocorrência de atrasos e/ou os seus efeitos negativos, as empresas têm-se socorrido de diferentes técnicas de gestão e controlo de projetos (Kim, Wells, & Duffey, 2003). A aplicação destas técnicas possibilita, não só, a implementação de boas práticas no planeamento de projetos, mas também a existência de um maior controlo do projeto ao longo do seu desenvolvimento, nomeadamente em termos de âmbito, recursos alocados a cada atividade e atrasos que impactam diretamente na data prevista para conclusão do projeto (Herroelen & Leus, 2005).

Para além de técnicas de planeamento e controlo, têm surgido alguns estudos relacionados com técnicas de aceleração de projetos. Tal como o seu nome indica, estas técnicas têm como objetivo a redução da duração dos projetos, o que pode permitir às empresas responder rapidamente às alterações do mercado (Krishnan, Eppinger & Whitney, 1997). Além disso, a aplicação de técnicas de aceleração pode também surgir como resposta aos atrasos ocorridos ao longo do desenvolvimento dos projetos. No entanto, existem alguns problemas na aplicação destas técnicas, nomeadamente, a dificuldade em definir que técnicas aplicar, quando e a que atividades (Gerk & Qassim, 2008). Assim, deve ser realizada uma análise e uma gestão cuidada, para o projeto não gerar custos desnecessários e a sua qualidade e os seus objetivos não serem comprometidos.

1.2 Motivação e Questão Central da Investigação

As empresas pretendem manter-se continuamente a par das tecnologias, processos e recursos que lhes permitam desenvolver a sua atividade da melhor forma possível, conseguindo apresentar ao mercado as melhores soluções de uma forma eficaz e eficiente. No entanto, e tendo em conta a rapidez com

que ocorrem alterações no mercado, a aceleração de projetos tem surgido com forte impacto e aplicabilidade na gestão de projetos.

Face às inúmeras tarefas desenvolvidas pelas organizações, o controlo de projetos e a aplicação de técnicas de aceleração pode, por vezes, não ser uma atividade prioritária. Assim, e com base na dificuldade identificada de aplicação de técnicas de aceleração, é proposta uma metodologia, que tem como objetivo principal facilitar às empresas a sua aplicação.

A questão central de investigação é a seguinte:

Como avaliar e mitigar o risco associado ao incumprimento do prazo planeado de conclusão do projeto recorrendo a técnicas de aceleração de projetos?

1.3 Objetivos

O desenvolvimento desta dissertação tem como objetivos acompanhar, planear e controlar todas as atividades inerentes ao caso de estudo que será apresentado e que diz respeito ao projeto de aquisição de um novo equipamento de medição ótica na indústria automóvel, mais concretamente na Volkswagen Autoeuropa (VW AE). A data limite definida para conclusão do projeto de aquisição (Semana 40 de 2016) tem como base o *timing plan* de outros projetos diretamente relacionados com o aumento de produção previsto na fábrica nos próximos anos. Caso a duração do projeto exceda a data definida para a sua conclusão, a VW AE não terá capacidade suficiente para responder à procura diária prevista aumentando, assim, o risco de defeitos e falhas que implicarão a existência de *rework* ao longo do processo de produção, o que se traduzirá num aumento dos custos.

Os objetivos da dissertação são, então, os seguintes:

- Identificar técnicas de controlo e aceleração de projetos;
- Desenvolver uma metodologia de controlo e avaliação do risco de incumprimento de prazos;
- Garantir o cumprimento de todas as atividades nas datas definidas;
- Aplicar a metodologia criada ao caso de estudo;
- Analisar os resultados obtidos e reportá-los à equipa de projeto.

O cumprimento destes objetivos permitirá que a instalação do novo equipamento de medição ótica seja realizada dentro do prazo previamente estabelecido e que, assim, sejam satisfeitos os objetivos organizacionais pretendidos para execução do projeto em estudo.

1.4 Metodologia

A metodologia utilizada para o desenvolvimento da dissertação encontra-se organizada em oito fases, apresentadas na Figura 1.1.

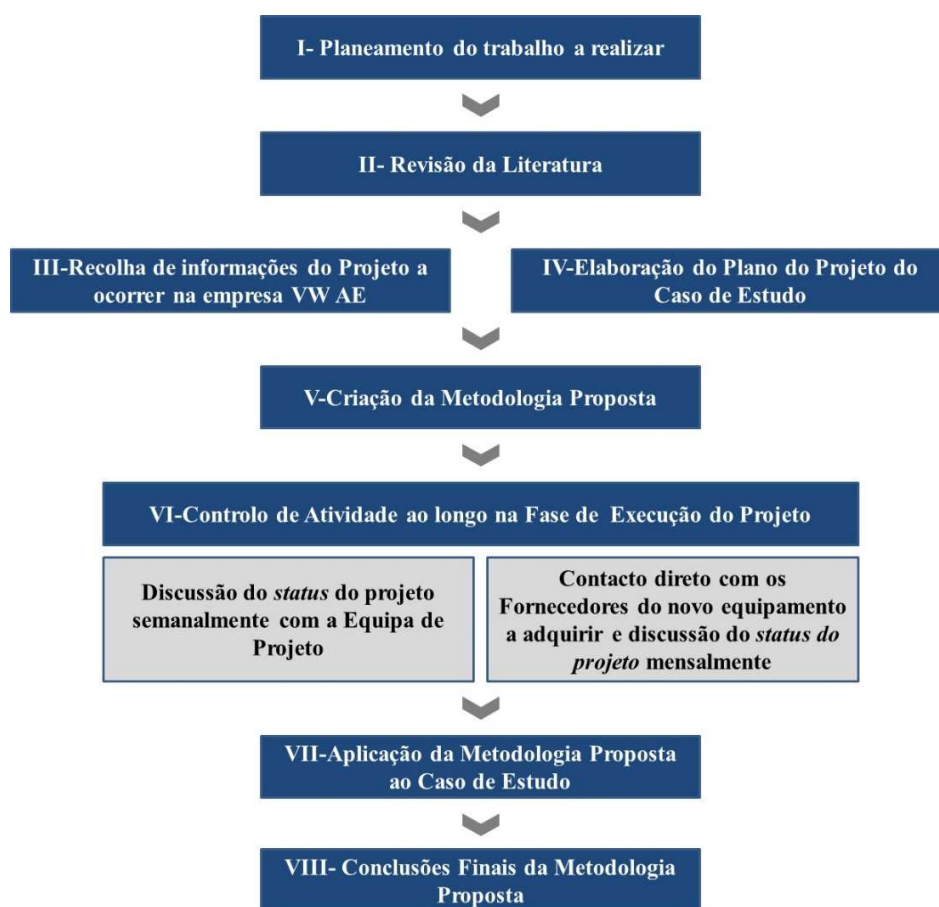


Figura 1.1 - Metodologia de desenvolvimento da dissertação

Na fase I, de planeamento, foi realizado um plano de execução do trabalho a desenvolver, identificadas as técnicas e as metodologias que poderiam ser abordadas, no controlo e avaliação do risco de incumprimento de prazos em gestão de projetos. Assim, e de forma a facilitar o processo de tomada de decisão, foi realizada na fase II uma revisão de literatura, onde foram identificadas as principais técnicas existentes e as principais necessidades relacionadas com o tema a explorar na dissertação. Com base num projeto a decorrer na empresa VW AE, foi possível, na fase III, recolher informação do projeto. A recolha de informação foi crucial para que na fase IV fosse possível elaborar um plano do projeto, abordando os principais tópicos a desenvolver, como o âmbito, recursos, custo e qualidade que estavam implícitos.

Tendo como base as técnicas de aceleração selecionadas foi desenvolvida, na fase V, uma metodologia de controlo e avaliação do risco de incumprimento de prazos, de forma a simplificar a aplicabilidade destas técnicas e a definir quando e a que atividades devem ser aplicadas. A fase VI corresponde ao controlo contínuo efetuado ao projeto e à discussão do seu *status*, junto das entidades responsáveis pelo mesmo. Com base nesta fase de controlo foi possível, na fase VII, a aplicação da metodologia desenvolvida ao projeto, contribuindo para o processo de controlo e avaliação do risco de incumprimento de prazos. Por fim, e numa última fase, fase VIII, foram identificadas as conclusões finais de desenvolvimento da presente dissertação e discutidos os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia proposta.

1.5 Organização do Conteúdo

A dissertação encontra-se organizada em sete capítulos, incluindo o capítulo atual, onde se encontram descritos, o enquadramento, a motivação, a questão central de investigação e, ainda, os objetivos e a metodologia utilizada para desenvolvimento do trabalho a realizar.

No segundo capítulo é realizada uma revisão da literatura existente, que se encontra dividida em três tópicos:

- i. Introdução à gestão de projetos e apresentação de conceitos base;
- ii. Planeamento de projetos;
- iii. Monitorização e controlo de projetos.

No tópico de monitorização e controlo de projetos, são identificadas duas técnicas de aceleração de projetos, *Crashing* e *Fast Tracking*, que serão fundamentais na metodologia proposta no Capítulo 5.

No terceiro capítulo é apresentado o caso de estudo, ao qual está inerente o projeto de aquisição de um novo equipamento de medição ótica, na Volkswagen Autoeuropa.

No quarto capítulo é elaborado um plano de gestão do projeto que inclui tópicos como: âmbito, atividades, prazos, qualidade, recursos humanos e riscos.

No quinto capítulo é proposta uma metodologia de controlo e avaliação do risco de incumprimento de prazos em gestão de projetos, *standard* aplicável a qualquer projeto. Esta metodologia encontra-se subdividida em duas partes, uma a aplicar na fase de planeamento do projeto e a segunda na fase de execução do projeto.

No sexto capítulo, a metodologia proposta é aplicada ao projeto em análise, em quatro momentos, denominados por pontos de controlo. O primeiro corresponde ao momento de replaneamento do projeto, em fevereiro de 2016, e ao qual é aplicada a primeira fase da metodologia. Aos restantes pontos de controlo é aplicada a segunda fase da metodologia. Neste capítulo é ainda realizada uma discussão de resultados, onde podem ser analisadas diferentes hipóteses para aceleração do projeto em causa.

Finalmente, no sétimo capítulo são apresentadas as conclusões, correspondentes ao trabalho de pesquisa realizado, metodologia proposta e sua aplicabilidade e é analisado o cumprimento dos objetivos traçados no capítulo I, introdutório à dissertação.

CAPÍTULO II

2 Revisão da Literatura – Gestão e Controlo de Projetos

No segundo capítulo são apresentados os conceitos base relacionados com o tema gestão de projetos, com especial foco para as técnicas propostas na literatura de planeamento, controlo e aceleração de projetos. Este tema será, assim, o *core* do presente documento e as informações recolhidas, apresentadas neste capítulo, serão tomadas como linha base no desenvolvimento da metodologia proposta.

2.1 Introdução à Gestão de Projetos e Conceitos Base

O tema gestão de projetos tem aumentado gradualmente a sua popularidade entre investigadores e organizações, verificando-se cada vez mais a utilidade da sua aplicação. Este facto deve-se, em grande parte, ao ambiente competitivo que se tem vindo a sentir no mercado, proveniente das fortes pressões económicas e da rápida evolução tecnológica (Patanakul & Shenhar, 2012). A necessidade de introdução de novos produtos, com ciclos de vida cada vez mais curtos, é cada vez mais uma preocupação, sendo exigido às organizações a redução do *time to market* dos seus produtos e, ao mesmo tempo, o cumprimento de elevados padrões de qualidade (Copertari, 2011). Impulsionados por esta necessidade, os projetos têm-se tornado fulcrais nas organizações (Hazır, 2014). No entanto, a popularidade deste tema começou nos anos 80 do século passado, quando se verificou a utilidade da aplicação das várias ferramentas de gestão de projetos em diversos setores, como os serviços, a indústria e as empresas públicas (Garel, 2013).

Segundo o *Project Management Institute* (2013), instituição internacional sem fins lucrativos, cujo objetivo é o desenvolvimento de práticas padrão em gestão de projetos, os projetos são cada vez mais elementos essenciais para a criação de novos produtos e serviços, mas sobretudo para a criação de valor nas empresas, permitindo melhorar os seus processos, possibilitando a sua sobrevivência num mercado muito competitivo. Este tema tem sido alvo de especial interesse nos últimos anos por vários investigadores que pretendem desenvolver técnicas, não só de planeamento, mas também de controlo, para que os projetos sejam cada vez mais eficazes e eficientes, evitando custos desnecessários para as organizações (Davies & Hobday, 2005).

2.1.1 Definição de Projeto

Na literatura existem diferentes definições de projeto, Corperati (2011) descreve projeto como um conjunto organizado de atividades que são realizadas para execução de um objetivo comum, com determinados elementos que o transformam num projeto único, e ao qual existem sempre associados *stakeholders*, podendo estes ser os clientes, a própria empresa, o público, entre outras organizações. Segundo o “*Guide to Project Management*”, BS 6079-1 (*British Standards Institution*, 2002), os projetos são conjuntos de atividades que apresentam um ponto de partida e de chegada bem definidos, que são elaborados por um indivíduo ou empresa, de forma a cumprir objetivos específicos e cumprindo os parâmetros traçados no seu planeamento de custo e desempenho esperado. O *PMBOK Guide*, 5ª edição e última até à data, elaborada pelo *Project Management Institute* (PMI), define projeto como um esforço temporário para criação de um novo produto, serviço, ou um resultado único. Refere, ainda, que estes apresentam um início e fim bem definidos, tendo assim uma duração finita, encerrando a sua atividade aquando da conclusão dos objetivos definidos, por impossibilidade de incumprimento desses objetivos, ou quando a equipa de projeto entende que deve ser terminado.

2.1.2 Definição de Gestão de Projetos

A *ISO 21500:2012*, norma padrão internacional na área de gestão de projetos, desenvolvida pela Organização Internacional de Normalização (*ISO*), define gestão de projetos como a gestão das várias fases do ciclo de vida de um projeto, aplicando diferentes métodos, técnicas, ferramentas e conhecimentos. Segundo o PMI, a gestão de projetos é também definida pela aplicação de diversos conhecimentos, capacidades, ferramentas e técnicas com o objetivo de cumprir todos os requisitos de um determinado projeto. A gestão de projetos pode então ser definida como responsável pelo planeamento das diversas atividades e pela alocação de recursos a um projeto, gerindo o tempo, o custo e a qualidade (Atkinson, 1999). Este é então um processo complexo onde devem ser adotadas técnicas específicas de planeamento e modelos de gestão do risco, de modo a controlar atentamente todas as atividades e recursos disponíveis (Platje, Seidel & Wadman, 1999).

Estudos recentes referem que, para além da definição tradicional de gestão de projetos focada nos objetivos operacionais de cumprimento de prazos e de metas de desempenho, deve ser associada também a esta definição uma visão estratégica, na qual a gestão de projetos ocupa uma posição de responsabilidade na estratégia de uma empresa, permitindo atingir os seus objetivos de negócio e tornando, assim, a investigação e o desenvolvimento desta temática um elemento cada vez mais fulcral (Patanakul & Shenhar, 2012).

2.1.3 Definição de Gestão de Portfólios

A gestão de portfólios, ganhou também, nos últimos anos alguma popularidade, uma vez que é referida como o caminho traçado pelas organizações para a alinhar os seus objetivos estratégicos com os seus projetos (Killen & Hunt, 2013).

Um Portfólio é o nome dado a um conjunto de projetos, programas, sub-portfólios, que devem ser geridos de acordo com os objetivos estratégicos da empresa. A gestão de portfólios permite a priorização dos vários projetos que devem ser executados, gerindo de forma estratégica recursos humanos, financeiros e materiais disponíveis para alocação (Project Management Institute, 2013).

A seleção dos projetos a desenvolver é assim cada vez mais um importante fator na gestão de projetos, sendo um processo cada vez mais complexo, onde o objetivo é maximizar o valor total resultante dos projetos a executar pela empresa (Copertari, 2011).

2.1.4 Definição de Gestão de Programas

De acordo com o PMI, um programa é um conjunto de projetos, subprogramas e atividades, relacionadas entre si. Dentro de um mesmo programa não devem ser geridos projetos de forma individual, uma vez que o seu sucesso apenas consegue ser alcançado através de uma gestão coordenada (Project Management Institute, 2013). Os projetos podem ser integrados em programas por várias razões, uma delas é o facto de existirem interdependências entre projetos e, então, de forma a controlar os impactos que cada um tem sobre o outro é constituído um programa. Outra das razões é o facto de facilitar o controlo e monitorização na utilização de recursos, quando estes são partilhados entre projetos. Assim, na gestão de programas são aplicadas diferentes ferramentas, técnicas e conhecimentos, com o fim de satisfazer os objetivos planeados para um programa, obtendo benefícios que não seriam possíveis de obter efetuando uma gestão individual de projetos (Miguel, 2013).

2.1.5 Ciclo de Vida de um Projeto

O ciclo de vida de um projeto é o termo utilizado que conceptualiza as diferentes estruturas que um projeto pode tomar ao longo do seu tempo de vida. Normalmente o projeto é subdividido em quatro grandes fases: i) inicialização, ii) planeamento, iii) execução e iv) término (Ward & Chapman, 1995).

O PMI apresenta as mesmas 4 fases como *standards* de um projeto, as quais apresentam, regra geral, as seguintes características (Project Management Institute, 2013):

- As fases são geralmente sequenciais, podendo encontrar-se sobrepostas em alguns pontos no tempo;
- Os níveis de custos e recursos são baixos numa fase inicial, apresentando o seu pico na fase de execução, e decréscimo acentuado na fase de término do projeto;
- No início do projeto, os níveis de incerteza e risco são elevados, no entanto os mesmos diminuem à medida que o projeto avança, Figura 2.1;
- Os custos das alterações no projeto aumentam à medida que o projeto avança ao longo do tempo, podendo atingir valores substancialmente elevados na fase final, Figura 2.1.

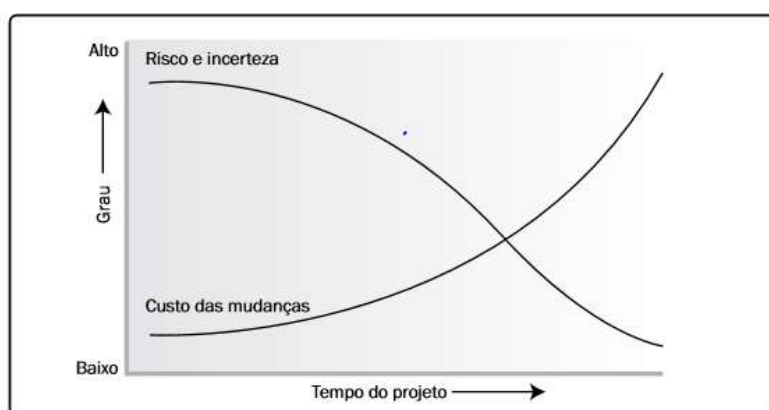


Figura 2.1 - Riscos e incerteza vs custo da mudança

Fonte: PMBOK (2013)

Para além das fases *standard* o projeto pode ainda ser subdividido de acordo com a sua natureza e a sua área de aplicação, podendo assim ser desagregado, de acordo com marcos (*milestones*), objetivos funcionais, resultados ou aquando da conclusão de alguma das entregas (*deliverables*) (Project Management Institute, 2013).

2.1.6 Processos na Gestão de Projetos

Um processo é um conjunto de ações e atividades relacionadas entre si, que são executadas de forma a atingirem um objetivo específico, como a criação de um novo produto ou serviço. Os processos associados à gestão de projetos têm como objetivo garantir um fluxo eficaz e eficiente ao longo do seu ciclo de vida, sendo assim agrupados em cinco grupos, como representado na Figura 2.2, i) Processos de Iniciação, ii) Processos de Planeamento, iii) Processos de Execução, iv) Processos de Monitorização e controlo, e v) Processos de Encerramento (Project Management Institute, 2013).

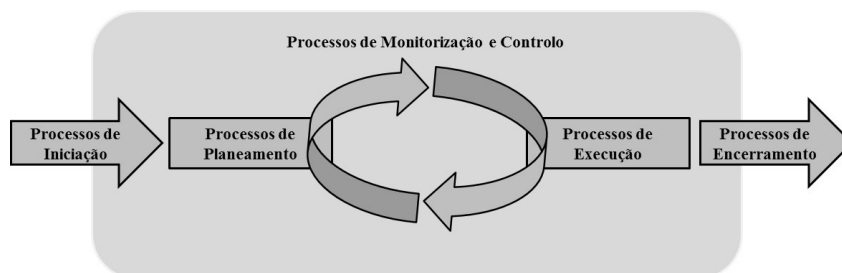


Figura 2.2 - Processos na gestão de projetos

Adaptado de: PMBOK (2013)

2.1.6.1 Iniciação

Nos processos de iniciação são identificados os processos iniciais de um novo projeto, como a definição do âmbito, o *budget* disponível para sua realização e a autorização para dar início à sua execução. Para recolha de informações do projeto é utilizado o *Project Charter* (Termo de Abertura), documento no qual é formalmente autorizado o projeto e que apresenta as necessidades do negócio, as restrições, os pressupostos, e onde é definido o resultado que se pretende atingir com o projeto em análise. Os processos de iniciação têm como objetivo o estabelecimento de uma visão geral, estabelecendo as necessidades, objetivos e os meios utilizados para os atingir (Project Management Institute, 2013).

Nesta fase, é ainda importante identificar os *stakeholders* do projeto, para que sejam tomadas em conta as suas necessidades e expectativas, alinhando-as com os objetivos do projeto. Desta forma é possível prevenir potenciais custos com alterações no projeto nas fases seguintes, melhorando assim o nível de aceitação dos *deliverables* (entregáveis) do projeto e satisfação do cliente (Project Management Institute, 2013).

É também nesta fase que se define se o projeto será executado, através da aprovação por parte das entidades responsáveis para o efeito. O projeto só segue para os processos de planeamento caso seja aprovado (Alecú, 2011).

2.1.6.2 Planeamento

O grupo de processos de planeamento de um projeto tem como objetivo o estabelecimento do âmbito do projeto, os objetivos a atingir, e a definição de todas as atividades que devem ser realizadas para conseguir alcançar esses mesmos objetivos. A principal vantagem na aplicação destes processos é o facto de facilitarem o estabelecimento da estratégia que deve ser tomada para conclusão do projeto (Project Management Institute, 2013).

2.1.6.3 Execução

No grupo de processos de execução de um projeto são realizados todos os trabalhos planeados para concretização dos objetivos pretendidos por parte da equipa de projeto. Este grupo de processos envolve assim a coordenação de recursos, gestão das expectativas dos *stakeholders* e também a integração e execução das várias atividades do projeto, de acordo o plano de gestão de projetos (Project Management Institute, 2013).

2.1.6.4 Monitorização e Controlo

Os processos de monitorização e controlo de projetos dizem respeito aos vários processos necessários de acompanhamento e análise, por forma a avaliar o desempenho do projeto e identificar potenciais mudanças. O principal benefício deste grupo de processos é a medição e análise do desempenho do projeto, a fim de identificar possíveis variações no projeto. Estes processos devem também incluir o controlo de possíveis alterações no projeto e recomendações de ações corretivas, ou preventivas para antecipação de potenciais problemas, a monitorização das várias atividades, verificando se cumprem com o definido no plano de projeto. A monitorização de forma contínua permite à empresa uma constante visão geral do estado do projeto, identificando, caso seja necessário, possíveis áreas ou atividades que devem sofrer uma maior atenção (Project Management Institute, 2013).

2.1.6.5 Encerramento

No grupo de processos de encerramento devem ser executados os processos relacionados com o encerramento do projeto e, consequentemente, de finalização das atividades. Dentro destes processos podem estar inseridas, aprovações do projeto final por uma entidade cliente, atividades de revisão do

projeto, documentação das informações cruciais do projeto, execução de todas as atividades de aquisição, assegurando as rescisões de todos os acordos necessários, entre outras atividades de finalização do projeto (Project Management Institute, 2013).

2.2 Planeamento de Projetos

Os estudos relacionados com o planeamento de projetos tiveram início na investigação operacional, nos quais eram determinadas matematicamente as datas de início e término de cada uma das atividades constituintes de um dado projeto, tendo em conta as suas precedências e a otimização de uma função objetivo, como a redução do custo de um projeto, ou a sua duração (Vanhoucke, 2012).

No entanto, as atividades do projeto estão sujeitas a incertezas consideráveis decorrentes de diversos fatores, como a aplicação de novas tecnologias, a variabilidade do desempenho humano, e interrupções inesperadas. Este tipo de aleatoriedade é um aspeto amplamente reconhecido em gestão de projetos, e que apresenta uma importância vital na fase de planeamento (Pich, Loch & Meyer, 2002).

De modo a antecipar o máximo de questões possível, o PMI sugere que o Plano de Projeto inicial inclua o Plano de Gestão do Âmbito, Gestão de Custos, Recursos, Riscos, Qualidade, e Mudança, entre outros. Deste modo, é possível definir, preparar e coordenar todos os fatores inerentes à execução do projeto, estabelecendo uma linha base do trabalho que será executado, incertezas e riscos, que terão de ser planeados e controlados, desde a fase inicial de planeamento do projeto (Project Management Institute, 2013).

2.2.1 Definição do Âmbito

Um dos fatores de sucesso em gestão de projetos é a definição, logo na fase inicial e de forma detalhada, do âmbito do projeto. Uma definição clara e atempada do âmbito do projeto permite alinhar o trabalho que será realizado, não só com os objetivos do projeto, mas também com as necessidades e objetivos estratégicos da empresa. Quando este processo não é realizado de forma correta, e a definição do âmbito é feita de forma precária, poderão resultar não só inúmeras alterações, durante e após a execução do projeto, mas também um excesso de custos não planeados. Além disso, uma má definição do âmbito do projeto pode levar a possíveis derrapagens de prazos, custos de *rework*, e redução da produtividade dos recursos alocados, entre outros (Dumont, Gibson & Flsh, 1997).

O PMI define este processo como a descrição detalhada de todo o projeto, tendo como principal vantagem o estabelecimento das suas fronteiras. Neste processo, deverão ser tidas em conta as informações presentes no *Project Charter* do projeto, dados históricos, opinião de especialistas, fatores ambientais da empresa, como a cultura, as condições de mercado, infraestruturas, necessidades e expectativas dos seus *stakeholders*.

Para além da descrição do âmbito do projeto, os *outputs* pretendidos são, o detalhe dos vários *deliverables*, bem como o trabalho que será necessário desenvolver ao longo do período de vida útil do projeto. O detalhe apresentado nesta secção poderá ser determinante na eficácia e eficiência com que a equipa de projeto o poderá controlar (Project Management Institute, 2013).

2.2.2 Definição de Atividades

Uma atividade é um elemento de trabalho realizado, no decurso de um projeto, à qual se encontra associada, uma duração esperada, custos, recursos e requisitos (Project Management Institute, 2013).

Na fase de planeamento de um projeto uma das etapas importantes é a definição das atividades de trabalho que devem ser realizadas. Através da definição dessas tarefas é possível realizar o planeamento do projeto, a estimativa de recursos que devem ser alocados, bem como as precedências entre as várias atividades, as datas de início e término e respetiva duração. Este processo de definição

de atividades pode ser um processo demorado e dispendioso, podendo ser agilizado caso existam dados históricos de projetos semelhantes aos realizados (Hendrickson, 2000).

2.2.2.1 Definição de *Work Breakdown Structure*

Uma das técnicas utilizadas, que contribui em grande parte para o sucesso do planeamento, sobretudo de projetos de grandes dimensões, é a subdivisão de um projeto por segmentos. Esta abordagem, não é um método novo, mas sim uma técnica conhecida *Work Breakdown Structure* (WBS) (Globerson, 1994). Esta técnica subdivide o trabalho total de um projeto por níveis, sendo que cada um representa uma descrição mais detalhada do trabalho que deve ser realizado. Por vezes esta subdivisão é realizada por fases do projeto, agrupando-se, assim, tarefas relacionadas entre si (Miguel, 2013). De acordo com o *PERT Coordinating Group*, a *WBS* estabelece o trabalho que deve ser realizado e facilita o processo de construção da rede do projeto, bem como a previsão de potenciais custos. O menor dos níveis apresentado na *WBS* é denominado pelo *PERT Coordinating Group* como o “*worked packet*”, ou seja, pacote de trabalho, que é necessário realizar para completar uma tarefa específica, um processo, um relatório, uma parte de um produto ou serviço. A este nível encontra-se sempre associado um custo, decorrente da realização do trabalho que lhe é destinado, como tal essas são atividades fundamentais do projeto que devem ser devidamente planeadas e controladas (Miguel, 2013).

De notar que quando da construção da *WBS*, a mesma não é realizada segundo uma sequência cronológica de trabalho, mas sim, de acordo com grupos de trabalho relacionados que devem ser executados. Esta técnica é um importante *input*, tanto no processo de calendarização das atividades, como na alocação de recursos às mesmas (Lewis, 1995).

Aos vários elementos constituintes da *WBS* deve estar associada uma numeração ou codificação, que deve ser coerente ao longo do projeto, dando assim uma identificação única a cada atividade. Esta ferramenta deve ser utilizada nos vários processos de planeamento, e quando realizada detalhadamente terá uma importância fundamental para aplicação de técnicas de controlo de projetos (Project Management Institute, 2013). Na Figura 2.3 é apresentado um exemplo da criação de uma *WBS*.

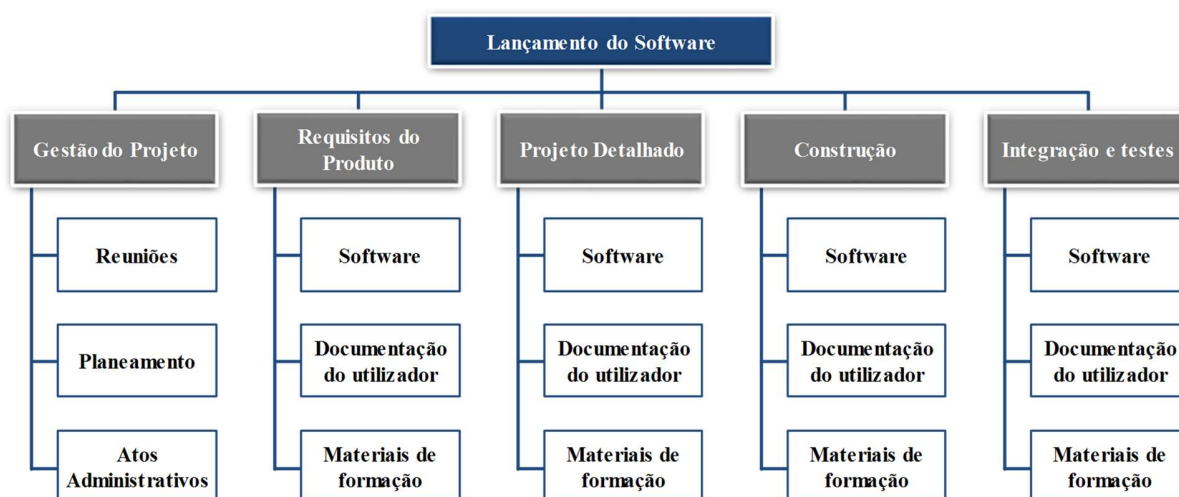


Figura 2.3 — Exemplo de uma WBS

Adaptado de: *Project Management Institute* (2013)

2.2.3 Relação de Dependência entre atividade

Após a definição das atividades do projeto, segue-se o estabelecimento do relacionamento que estas têm entre si, de modo a que sejam executadas de acordo com a sequência lógica estabelecida (Hendrickson, 2000).

De acordo com o PMI, uma dependência é uma relação lógica entre atividades predecessoras e sucessoras. Sendo a atividade predecessora a atividade que, de acordo com a lógica tomada, antecede uma dada atividade que depende de si, e uma atividade sucessora, a atividade que segundo a mesma lógica, se segue seguidamente, estas podem ser assim caracterizadas em quatro tipos, i) *Finish-to-Finish*, ii) *Finish-to-Start*, iii) *Start-to-Finish* e iv) *Start-to-Start* (Miguel, 2013).

- **Dependência *Finish-to-Finish* (FF):** Relacionamento lógico, cuja atividade sucessora não pode ser concluída sem que a sua predecessora seja terminada.
- **Dependência *Finish-to-Start* (FS):** Dependência entre duas atividades, cuja atividade sucessora não pode ser iniciada sem a conclusão da sua predecessora.
- **Dependência *Start-to-Finish* (SF):** Relacionamento entre atividades sucessoras e predecessoras, cuja atividade sucessora não pode terminar sem que a atividade predecessora seja iniciada.
- **Dependência *Start-to-Start* (SS):** Dependência entre atividades, cuja atividade sucessora apenas pode ser iniciada aquando o início da sua atividade predecessora.

No entanto, apesar da relação lógica existente, o planeamento pode ser ajustado considerado *Lead time* ou *Lag time* no projeto. O *Lead time* é o tempo que uma atividade sucessora pode ser adiantada, em relação à sua predecessora, e o *Lag time* é o tempo que uma atividade sucessora pode ser atrasada, após a conclusão da sua predecessora, quando existe um relacionamento com uma dependência do tipo FS. Estas técnicas são utilizadas quando existe uma necessidade de ajustar no cronograma atividades predecessoras e sucessoras (*Project Management Institute*, 2013).

2.2.4 Estimativa da Duração das Atividades e Duração do Projeto

Além de todas as tarefas necessárias, a calendarização de forma correta das várias atividades é um fator importante em gestão de projetos, devendo ter-se em consideração os recursos disponíveis ao longo do projeto (Hendrickson, 2000).

O método do caminho crítico (*CPM*) surgiu na década de 60 do século passado e tornou-se uma das ferramentas mais úteis no planeamento de projetos complexos. Esta técnica assume que as durações das atividades dos projetos são determinísticas e conhecidas (Chanas & Zielinski, 2001). Note-se que, muitos projetos são constituídos com base em atividades comuns, já realizadas pela empresa em projetos anteriores. Quando tal acontece é possível ter acesso a um conjunto de dados históricos, fiáveis, que facilitam a estimativa da duração que cada uma das atividades poderá tomar (Lewis, 1995).

Esta técnica parte do princípio que a duração de um dado projeto é dada pela duração do seu caminho crítico, assim é necessário criar na primeira fase o diagrama de rede do projeto, para que possam ser analisados os vários caminhos constituintes do mesmo. O diagrama de rede do projeto é uma representação da sequência com que podem ser desempenhadas as várias atividades do mesmo (Miguel, 2013). No entanto e para a sua criação, devem ser tidos em conta três dados relevantes: i) definição das atividades, ii) relações de dependência entre atividades, iii) duração das atividades (Moder & Phillips, 1970).

Existem dois tipos de diagramas de redes: redes *AOA* (*Activity-On Arrow*) e redes *AON* (*Activity-On-Node*). Nas redes *AOA* cada atividade é representada num arco, e os nós são pontos de separação entre atividades, sendo a sequência apresentada pelos arcos a forma de identificação das suas precedências. Nas redes *AON*, cada atividade é representada por um nó, e os arcos apenas são

utilizados de forma a demonstrarem as relações de precedência existentes (Moder & Phillips, 1970). No início dos estudos realizados referentes à técnica *CPM* eram sempre utilizadas redes *AOA*, no entanto verificaram-se algumas vantagens no uso de redes *AON*. As redes *AON* mais fáceis de construir, são mais perceptíveis e, em casos de alterações no projeto, são mais fáceis de alterar (Yang & Wang, 2010).

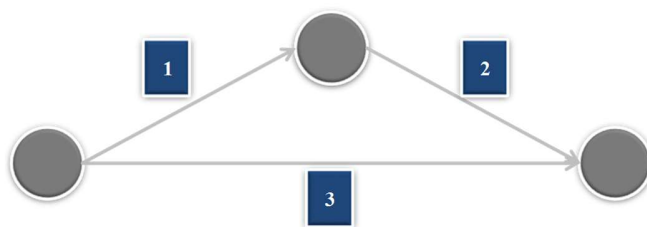


Figura 2.4 - Exemplo rede AOA

Adaptado: Silva, Tereso & Oliveira (2012)

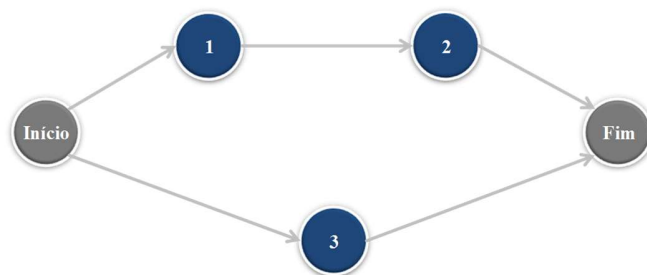


Figura 2.5 - Exemplo rede AON

Adaptado de: Silva, Tereso & Oliveira (2012)

O diagrama de rede de um projeto tem por base o cálculo de quatro tipos de datas: i) data de início mais cedo de início (ES), ii) data de fim mais cedo (EF), iii) data de início mais tarde (LS), iv) data de fim mais tarde (LF) (Miguel, 2013). Caso não ocorram atrasos no projeto, o início e término de uma atividade são dados pela sua data de início mais cedo (ES) e a sua data de fim mais cedo (EF). Sendo EF calculado através da Equação (2.1) (Moder & Phillips, 1970).

$$EF = ES + \text{Duração da Atividade} \quad (2.1)$$

A data de início mais cedo (ES) de uma atividade é dada pelo maior dos tempos de data de fim mais cedo (EF) das suas atividades antecessoras. Outra informação relevante deve também ser determinada, a data de início mais tarde (LS) e término (LF) de uma atividade, que pode ser tomada por uma atividade sem que comprometa a duração total do projeto. Desta forma, LS é calculado de acordo com a Equação (2.2) (Moder & Phillips, 1970).

$$LS = LF - \text{Duração da Atividade} \quad (2.2)$$

Sendo LF dado pela menor das LS das atividades imediatamente sucessoras, é então possível efetuar o cálculo das folgas, das várias atividades do projeto. Sendo que a folga de uma atividade é dada pela Equação (2.3) (Moder & Phillips, 1970).

$$\text{Folga} = LF - EF \quad (2.3)$$

Atividades cujo $ES = LF$ são atividades críticas do projeto, uma vez que apresentam folga zero. Um atraso ocorrido nestas atividades implica um atraso em todo o projeto (Miguel, 2013). No entanto, devem ser verificadas que atividades críticas pertencem ao caminho crítico do projeto. Esta identificação deve ser realizada após a construção da rede, e após identificados todos os caminhos possíveis, sendo que cada caminho corresponde a uma rota possível desde o nó inicial da rede, até ao nó final. O comprimento desse caminho será dado pela soma das durações de cada uma das suas atividades (Moder & Phillips, 1970). Os autores Lu, Guan, Tian & Zhang (2011) definem, assim, que o caminho crítico de um projeto, será o caminho identificado como o mais longo, sendo todas as suas atividades, pontos de estrangulamento, cujo atraso, poderá comprometer todo o projeto. Assim, com aplicação da técnica *CPM*, e tendo em conta que as durações das atividades do mesmo são determinísticas e conhecidas, a soma da duração das atividades do caminho crítico de um projeto determinam a sua duração (Miguel, 2013).

No entanto, são muitos os casos nos quais existe incerteza associada à duração das atividades e, portanto, esta não pode ser estimada como sendo um valor determinístico. Nesse sentido, e para fazer face a este problema, pode ser utilizada a técnica *PERT* (*Program Evaluation and Review Technique*) (Cristobal, 2013). Esta técnica sugere que a duração das atividades esteja associada a uma distribuição beta (Chanas & Zielinski, 2001).

De acordo com Malcolm, Roseboom & Clark (1959), autores da técnica *PERT*, são utilizados três parâmetros para estimar a duração de uma atividade:

- a = duração otimista
- m = duração mais provável
- b = duração pessimista

De forma a calcular a duração esperada (t_e) duma dada atividade é utilizada a Equação (2.4).

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (2.4)$$

O desvio padrão da duração esperada (t_e) é obtido a partir da Equação (2.5).

$$\hat{s} = \frac{b - a}{6} \quad (2.5)$$

Após a determinação do caminho crítico do projeto, pode também ser calculado o desvio padrão da duração esperada do projeto dado pela Equação (2.6) que contém apenas as variâncias das atividades críticas do projeto.

$$\hat{s}_{CP} = \sqrt{s_1^2 + s_2^2 + \dots + s_n^2} \quad (2.6)$$

As técnicas *CPM* e *PERT* são as mais populares entre os profissionais da área (Azaron, Katagiri, & Sakawa, 2007), devendo-se o seu sucesso sobretudo à sua aplicabilidade a vários tipos de projetos, de diferentes dimensões (Jha & Iyer, 2006). No entanto, apesar das vantagens atribuídas às técnicas *PERT* e *CPM*, podem-lhes também ser-lhes atribuídas determinadas lacunas, nomeadamente o facto de se socorrerem de redes cujo nível de detalhe pode tornar-se confuso, sendo também difícil incorporar alterações significativas na rede de planeamento, e o facto de não terem em consideração a carga de trabalho necessário (Koonce, Parks, Charles & Keys, 1994).

Note-se ainda que, independentemente da técnica utilizada para definição da duração das atividades, não devem ser considerados prazos muito otimistas, evitando possíveis riscos de incumprimento face ao planeado (Copertari, 2011).

2.2.5 Avaliação do Risco em Gestão de Projetos

No decorrer dos vários processos da gestão de projetos, ocorrem, por vezes, eventos inesperados, denominados de riscos. Estes podem apresentar um impacto positivo ou negativo, sobre um ou mais fatores do projeto, como o custo, prazo, âmbito, qualidade, entre outros (Miguel, 2013). Desta forma os eventos de risco negativo podem colocar em causa a conclusão de parte ou de todos os objetivos do projeto (Ahmed, Kayis & Amornsawadwatana, 2007), mas também gerar custos extra (Project Management Institute, 2013). Assim, e para que um projeto seja bem-sucedido, devem ser planeadas atividades de gestão do risco. Nesse processo a equipa de projeto deve focar-se na previsão dos eventos de risco negativo (Williams, 1995), sendo possível planear e antever as suas potenciais implicações, caso ocorram (Copertari, 2011).

Nos casos em que são verificados eventos de risco positivo, estes geram oportunidades para o projeto (Ahmed, Kayis & Amornsawadwatana, 2007), que devem ser utilizadas e aproveitadas pela equipa de projeto, para que seja possível melhorar o desempenho do mesmo e conseguindo, em alguns casos, exceder os objetivos pretendidos (Project Management Institute, 2013).

2.2.5.1 Técnicas de avaliação do risco

De acordo com Miguel (2013), a identificação dos riscos consiste em documentar todos os riscos aos quais o projeto poderá estar sujeito ao longo da sua execução. Na literatura é possível encontrar várias técnicas, com diferentes níveis de complexidade, que podem ser utilizadas para o efeito, tais como:

- Checklist:** consiste numa lista de riscos, podendo ser desenvolvida com base em informação histórica de projetos similares (Miguel, 2013). Esta ferramenta é de utilização fácil e os seus *outputs* podem ser melhorados através da contribuição de especialistas e técnicos funcionais (Chapman and Ward, 1997; Ward, 1999).
- Diagrama de causa e efeito:** são identificadas as várias causas dos riscos (Miguel, 2013) e agrupadas por afinidade (Russell & Taylor, 2006).
- Análise de modos de falha:** neste método, também conhecido por *FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)* são identificadas as causas, os efeitos, e as suas relações. Este método é utilizado para determinar falhas explorando os diferentes modos de falha que podem ocorrer (Ahmed, Kayis & Amornsawadwatana, 2007).

Uma das técnicas populares em gestão de projetos para avaliar o risco é a matriz de probabilidade e impacto. Esta matriz pode ser utilizada para identificar a importância relativa dos riscos. Para o efeito, é necessário identificar para cada risco a sua probabilidade de ocorrência e o potencial impacto no projeto, Figura 2.6 (Ahmed, Kayis & Amornsawadwatana, 2007).

Impacto	5					
	4					
	3					
	2					
	1					
		1	2	3	4	5

Probabilidade de Ocorrência

Figura 2.6 - Matriz de probabilidade e impacto

Adaptado de: Ahmed, Kayis & Amornsawadwatana (2007)

Após identificação e avaliação do risco é necessário efetuar um processo de priorização para que sejam definidos os planos de mitigação. Estes planos são muitas vezes realizados com base nas experiências do passado, melhores práticas, conhecimentos organizacionais ou padrões da indústria (Ahmed, Amornsawadwatana & Kayis, 2003a; Ahmed, Amornsawadwatana & Kayis, 2003b).

2.3 Monitorização e Controlo de Projetos

Diariamente os gestores de projeto são responsáveis pela tomada de decisões de diferentes naturezas, e devem durante esse processo ter em conta fatores como a minimização do custo, o cumprimento dos prazos estabelecidos, o *budget* disponível para o projeto e ainda os níveis de qualidade e especificações requeridas para cada uma das atividades constituintes do mesmo (Cristobal, 2013). Planear estes fatores, numa fase inicial é uma atividade necessária, mas só isso não será suficiente para o sucesso de um projeto. Tendo em consideração que os projetos são processos complexos, com restrições de tempo, custo e recursos, e com especificações técnicas específicas exigidas para conclusão do mesmo, estes devem ser fatores de controlo ao longo do processo de execução de um projeto (Perminova, Gustafsson & Wikstrom, 2008).

2.3.1 Fatores de Controlo em Gestão de Projetos

Nos últimos anos, vários têm sido os estudos realizados com o objetivo de estabelecer quais são os fatores que contribuem para o sucesso em gestão de projetos. Alguns autores referem que devem ser tidos em consideração os fatores apresentados no “*The Iron Triangle*”, Figura 2.7, onde estão representados o custo, o tempo e a qualidade. O primeiro fator, referente ao custo, diz respeito ao *budget* disponível para o projeto, cujo controlo é fundamental para que não ocorram derrapagens face ao planeado. O controlo do fator tempo tem como objetivo o cumprimento dos vários prazos planeados, devendo o projeto terminar na data prevista. Por último, o fator qualidade refere-se ao cumprimento das várias especificações exigidas e previamente estabelecidas (Atkinson, 1999).

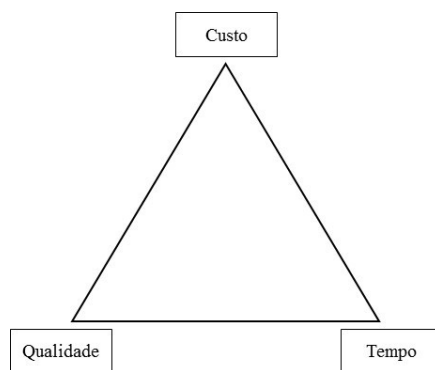


Figura 2.7 - O triângulo do fogo

Adaptado de: Atkinson, (1999)

Segundo Atkinson (1999), pode ainda ser monitorizado e controlado um quarto fator, os benefícios para os *stakeholders*. De acordo com o autor, deve ser verificado se os resultados e *deliverables*, ao longo do projeto, estão de acordo com as expectativas e necessidades dos seus *stakeholders*. Um outro fator, proposto por Lester (2007), defende que para além dos critérios, custo, tempo e qualidade deve ser tido em conta o fator segurança. Este fator é essencial em algumas organizações e deve ser aplicado, sempre que o projeto assim o exige, sendo frequentemente aplicado na indústria aeroespacial.

Copertari (2011) define três fatores que, na sua perspetiva, devem ser controlados, o custo, o tempo e o desempenho. O tempo e o custo, são variáveis que devem ser minimizadas em gestão de projetos.

O tempo é descrito pelos *milestones* ou prazos programados na fase inicial do projeto. O custo do projeto é obtido através das alocações de recursos efetuadas às diferentes atividades do projeto, devendo este fator ser controlado com base no *budget* definido na fase inicial do projeto. O desempenho é descrito pelos requisitos de qualidade e especificações de um projeto e, por vezes, não são mensuráveis, uma vez que a medição do desempenho de um projeto é difícil, mas de forma a contornar esse problema, uma das soluções muitas vezes utilizada são os fatores qualitativos, para avaliação deste fator. As três dimensões, custo, tempo e desempenho encontram-se, ao longo do decorrer de um projeto, interligadas, sendo necessário efetuar o seu *trade-off*. Associados a estes fatores de controlo existem muitas vezes incertezas (Klein, 1993), estas são inevitáveis na gestão de projetos, uma vez que cada projeto é único. A gestão de projetos pode ser vista como uma forma de controlar o ambiente de incerteza, através da utilização de técnicas de planeamento, controlo de custos, alocação de recursos, *Earned Value Management (EVM)*, reuniões periódicas, entre outras. Cada um destes elementos da gestão de projeto tem o seu papel no controlo da incerteza.

2.3.2 Técnicas de Controlo de Projetos

Segundo o *Project Management Institute* (2013), podem ser utilizadas várias ferramentas e técnicas de controlo de projetos, no entanto destacam-se quatro: i) revisões de desempenho; ii) análise de desvios; iii) análise de tendências e; iv) *EVM*.

A revisão do desempenho consiste na realização de reuniões periódicas com as várias partes interessadas do projeto, nas quais é apresentado, discutido e analisado o relatório de progresso do projeto, que tipicamente destaca as variáveis, custos, prazos e riscos. A segunda técnica, análise de desvios, consiste em comparar o planeamento com os resultados reais de execução do projeto, nomeadamente em termos de prazos e custos. Na análise de tendências, é observado o desempenho do projeto até ao momento e aplicados modelos de carácter matemático e estatístico de forma a prever o desempenho futuro (Miguel, 2013).

A quarta técnica apresentada é o *EVM*. É uma técnica já conhecida e utilizada desde os anos 60 do século passado, quando o departamento de defesa dos EUA propôs este método padrão para avaliação do desempenho de projetos. Baseia-se na aplicação de métricas simples, que possibilitam a avaliação do estado atual de um projeto (Vanhoucke, 2012). Um estudo realizado a 272 membros do *Project Management Institute* (PMI), conclui que cerca de 82% dos gestores de projeto utilizam esta técnica para o controlo dos seus projetos (Kima, Wells, & Duffey, 2003). É, pois, uma ferramenta muito utilizada, pelos profissionais da área, que integra os fatores, tempo e custo (Acebes, Pajares, Galán & López-Paredes, 2013).

A aplicação desta técnica permite avaliar dois tipos de desvios: i) desvio de prazos e ii) desvio de custos. O desvio de prazos (*schedule variance – SV*) é dado pela diferença entre o valor realizado (*earned value – EV*) até ao momento de controlo e o valor planeado (*planned value – PV*), Equação (2.7).

$$SV = EV - PV \quad (2.7)$$

O segundo desvio (*cost variance – CV*) é dado pela diferença entre o valor realizado (*EV*) até ao momento, e o custo real (*actual cost – AC*), Equação (2.8).

$$CV = EV - AC \quad (2.8)$$

Com base nestes desvios é possível calcular os índices de desempenho do projeto que se encontram diretamente relacionados com custos e prazos. São, assim, apresentados dois índices: i) índice de desempenho do prazo (*Schedule performance index – SPI*) e ii) índice de desempenho do custo (*cost performance index – CPI*). Estes índices são calculados com base nas métricas descritas nas Equações (2.9) e (2.10), respetivamente (Acebes, Pajares, Galán & López-Paredes, 2013).

$$SPI = \frac{EV}{PV} \quad (2.9)$$

$$CPI = \frac{EV}{AC} \quad (2.10)$$

Quando $EV > PV$, o índice de desempenho de prazos (SPI) é superior a 1, concluindo-se que o projeto se encontra adiantado, face ao estabelecido inicialmente. Relativamente ao índice de desempenho do custo é pretendido que este também seja superior a um, o que indica que $EV > AC$ ou seja o projeto está a custar menos do que o inicialmente planeado. Caso estes indicadores sejam iguais a 1, significa que tudo decorre de acordo com o planeado. Caso estes apresentem valores inferiores a 1 significa que algo não está a correr bem no projeto, sendo, assim, necessária a intervenção da equipa de projeto (Miguel, 2013).

2.3.3 Pontos de Controlo

Em gestão de projetos é importante determinar quando devem ser realizados pontos de controlo ao longo da execução do projeto, nesse sentido diferentes autores apresentam perspetivas distintas sobre esta questão. Partovi & Burton (1993) efetuaram vários estudos onde avaliaram três técnicas de controlo de projetos. A primeira envolve a realização de controlo do projeto em intervalos iguais entre pontos de controlo, a segunda denominada de “*front loading*” efetua maior controlo do projeto, numa fase inicial da sua execução, e a terceira “*end loading*” tem como pressuposto o controlo do projeto apenas na sua fase final. Desse estudo resultou que a técnica de “*end loading*” diminui a probabilidade de incumprimento de prazos, no entanto, as diferenças detetadas não foram muito relevantes, relativamente ao custo necessário para recuperação dos desvios detetados.

Falco & Macchiaroli (1998) apresentam um ponto de vista diferente, defendendo que a frequência de controlo de projetos deve ser definida com base nas atividades críticas do projeto e nos períodos em que é alocado um maior número de recursos, acionando o controlo do projeto nas fases mais críticas do mesmo, onde é superior a probabilidade de existirem derrapagens face ao planeado.

Nos pontos de controlo deve ser tida especial atenção àqueles que são os critérios identificados como determinantes para o sucesso do projeto. Lim & Zain (1999) identificam como critérios de sucesso, o tempo, o custo, a qualidade, o desempenho e a segurança, sendo na sua perspetiva, o tempo o principal critério de sucesso para um projeto.

2.3.4 Técnicas de Aceleração de Projetos

A crescente necessidade de lançamento de novos produtos, num curto espaço de tempo, tem dado origem a um conjunto de investigações dedicadas à diminuição dos seus ciclos de desenvolvimento (Roemer & Ahmadi, 2004). Associada a esta questão surge a importância da gestão do tempo em projetos, que tem como objetivo assegurar que os mesmos sejam executados, de acordo com as datas planeadas, sendo assim um dos maiores desafios dos gestores de projeto (Kwak & Ibbs, 2002). No entanto os atrasos continuam a ser identificados como um dos principais problemas. Devem-se sobretudo a interrupções imprevistas, subestimação da duração e/ou dos recursos necessários aquando da realização do planeamento do projeto, entre outras causas não planeadas e não previstas no plano de gestão do projeto. Sempre que se verifica que um atrasado face aos objetivos definidos, existe a necessidade de compensar, parcialmente ou totalmente, o atraso verificado (Gerk & Qassim, 2008). Bowman (2006) afirma que tal é possível, no entanto, terão de ser agregados custos adicionais ao projeto.

Na literatura existem diferentes técnicas de aceleração de projetos, que permitem a redução da sua duração. Desta forma, é possível atingir os objetivos traçados em termos de prazos, apesar de possíveis derrapagens detetadas. No entanto, a aplicação destas técnicas na quantidade indevida pode gerar custos desnecessários para a empresa e pode colocar em causa a qualidade dos projetos

desenvolvidos. É, assim, importante ter em consideração quando e como devem ser utilizadas estas técnicas de aceleração/compressão de projetos (Krishnan, Eppinger & Whitney, 1997). Do conjunto de técnicas existentes destacam-se as técnicas de *Crashing* e de *Fast Tracking* (Hazini, Dehghan & Ruwanpura, 2014), cuja aplicação tem sido amplamente estudada, assim como a combinação das mesmas (Abuwarda, Hegazy & Tarek, 2016). Na Figura 2.8 é apresentado o impacto no Diagrama de *Gantt* de um projeto, da aplicação das técnicas referidas ou da sua combinação.

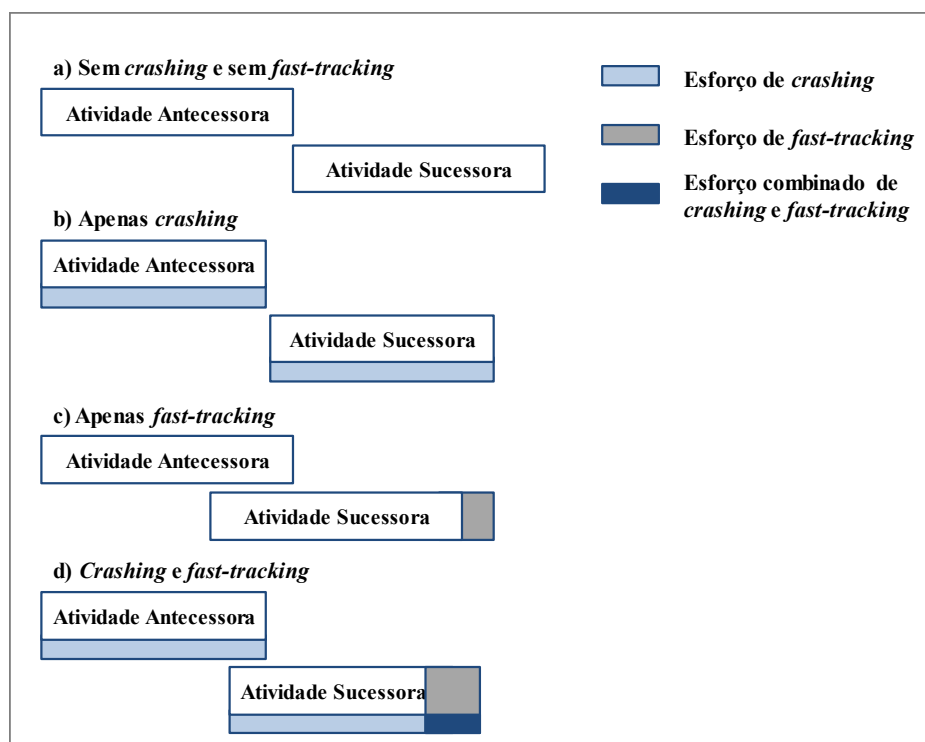


Figura 2.8 - Diferentes técnicas de aceleração de projetos aplicadas num diagrama de Gantt

Adaptado de: Roemer & Ahmadi (2004)

2.3.4.1 *Crashing*

A técnica de aceleração de projetos mais utilizada pelos gestores de projeto é a técnica de *Crashing*. Nesta técnica são reduzidas as durações das várias atividades, através da alocação de recursos extra ao projeto (Gerk & Qassim, 2008). Esta aplicação tem, assim, implícito um aumento do custo de execução do projeto (Hazini, Dehghan & Ruwanpura, 2014). No entanto esse custo pode ser dado através da aplicação desta técnica de três formas distintas: i) alocação de recursos extra; ii) prolongamento do tempo de trabalho; e iii) utilização de vários turnos de trabalho. Na primeira alternativa, são alocados recursos extras ao projeto, aumentando o número de recursos alocado às várias atividades. Neste caso, para além do custo associado poderão ainda existir problemas de coordenação e comunicação, devido a uma densidade de recursos elevada, que poderá dificultar a execução das várias tarefas. (Hazini, Dehghan & Ruwanpura, 2013). A segunda opção, de aumento do número de horas de trabalho aos recursos já alocados ao projeto, implicarão para o projeto um acréscimo nos seus custos resultante de, em grande parte dos casos, o aumento de 50% face ao custo/hora de trabalho, aquando da realização de tarefas, fora dos horários laborais convencionais. Uma desvantagem desta aplicação, é o cansaço acumulado dos recursos alocados, que poderá resultar numa diminuição da eficiência das atividades, e em trabalhos de risco levar ao aumento do número de acidentes no trabalho (Hanna, Taylor & Sullivan, 2005). A terceira forma de aplicação sugerida pelos autores, é o aumento dos turnos de trabalho, que pode reduzir os problemas de eficiência

resultantes da aplicação de horas extra, no entanto, a implementação de vários turnos de trabalho implica também um acréscimo de custos, dado não só pela alocação de recursos, nas áreas diretamente relacionadas com o desenvolvimento do projeto, mas em muitos casos, a áreas como a administração, controlo da qualidade, segurança, aumentando assim também os custos indiretos do projeto. A existência de vários turnos a operar num dado projeto, apresenta para além do seu custo, problemas de comunicação entre turnos, podendo ser este um risco para o projeto (Hazini, Dehghan & Ruwanpura, 2013).

Desde a década de 1980 que são apresentados na literatura modelos de programação linear que visam minimizar custos ou prazos de projetos (DePorter & Ellis, 1990). Um desses modelos é apresentado por Berczi (1986), que tem como variáveis;

- T_{ij} = duração normal/ atividade
- m_{ij} = tempo máximo de crash/atividade
- t_{ij} = duração de *crash*/atividade
- C_{ij} = custos *standard* de execução de uma atividade
- c_{ij} = custos incrementais de aplicação da técnica de *crash*
- T_c = duração do projeto
- T_b = data de início do projeto
- x_i = data de ocorrência do evento i
- y_{ij} = tempo de crash da atividade i - j

A duração normal/atividade (T_{ij}), o tempo máximo de *crash* (m_{ij}), e os custos incrementais de aplicação da técnica de *crash* (c_{ij}), são dados na definição do problema, os restantes podem ser calculados. A duração de *crash* por atividade (t_{ij}) é definida pela Equação (2.11).

$$t_{ij} = T_{ij} - m_{ij} \quad (2.11)$$

A duração do projeto pode ser uma informação dada ou calculada através do modelo. A data de início do projeto, é normalmente assumida como 0, se nada for indicado em contrário. A data de ocorrência do evento i e o tempo de crash da atividade que decorre entre o momento i a j são determinadas no modelo.

Na realização deste problema, devem ser tidas em conta duas restrições:

- i. O tempo de crash/atividade deve ser menor ou igual ao tempo máximo de crash que pode ser aplicado;
- ii. O tempo entre eventos x_i e x_j deve ser maior ou igual à duração normal/atividade (T_{ij}) menos o tempo de crash/atividade y_{ij} .

Após a definição das restrições, deve ser definida a função objetivo, que terá como base a minimização dos custos do projeto ou a minimização da sua duração. Nos casos em que se pretende minimizar os custos do projeto a mesma será dada com base na Equação (2.12).

$$MIN Z = \sum c_{ij} \times y_{ij} \quad (2.12)$$

Caso a função objetivo tenha como base a redução da duração do projeto, a mesma pode ser obtida através da Equação (2.13).

$$MIN Z = x_n - x_1 \quad (2.13)$$

A função objetivo deve estar sujeita às restrições apresentadas na Equação (2.14) a (2.18).

$$y_{ij} \leq m_{ij} \quad (2.14)$$

$$y_{ij} \geq 0 \quad (2.15)$$

$$x_j - x_i + y_{ij} \geq T_{ij} \quad (2.16)$$

$$x_1 = T_b \quad (2.17)$$

$$x_i \geq 0 \quad (2.18)$$

Nos últimos anos modelos como o apresentado têm sofrido fortes alterações, devido às dificuldades de aplicação detetadas (Gerk & Qassim, 2008). Vários autores têm explorado este tema, Abbasi & Mukattash (2001), por exemplo, apresentam um modelo matemático de aplicação de *Crashing* em redes *PERT*, cujo principal objetivo é a redução da duração pessimista de um projeto. Essa redução é dada pela alocação de custos incrementais, decorrentes da alocação de recursos extra, às atividades críticas de um projeto.

Face à limitação da programação linear em minimizar simultaneamente custos e prazos é possível encontrar na literatura modelos mais complexos de programação multiobjectivo (DePorter & Ellis, 1990). Como exemplo, o estudo realizado por Liang (2010) apresenta um modelo de programação multiobjectivo, com o objetivo não só de diminuir os custos diretos e indiretos do projeto mas, também, com o objetivo de diminuir a sua duração.

2.3.4.2 Fast Tracking

O *Fast Tracking*, também denominado por alguns autores por *overlapping*, é a segunda técnica mais utilizada para aceleração de projetos. Com esta técnica, fases ou atividades do projeto, que normalmente seriam realizadas de forma sequencial, são realizadas em paralelo, ou seja, são executadas de forma sobreposta (Project Management Institute, 2013). Outros autores, como Krishnan, Eppinger & Whitney (1997), defendem que a aplicação desta técnica não passa pela sobreposição total de atividades, distinguindo assim três relações possíveis distintas, sequencial, paralelo e *Fast Tracking*, como apresentado na Figura 2.9.

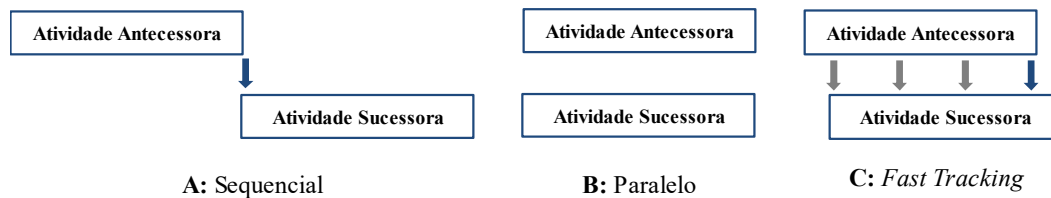


Figura 2.9 - Sequencial, paralelo e Fast Tracking

Adaptado de: Krishnan, Eppinger & Whitney (1997)

Segundo os mesmos autores, o *Fast Tracking* é, assim, a realização de atividades sobrepostas, processando a atividade sucessora sem que a sua antecessora tenha sido terminada (Krishnan, Eppinger & Whitney, 1997).

A principal característica desta técnica, é que a sua aplicação não implica custos diretos para o projeto, como no caso de aplicação da técnica de *Crashing* (Gerk & Qassim, 2008). Note-se que, a aplicação de *Fast Tracking* pode levar a que sejam realizadas atividades sem que esteja disponível toda a informação necessária. Desta forma, a técnica de *Fast Tracking* poderá não ser tão eficiente quanto o esperado, podendo incutir no projeto custos de *rework* provenientes de alterações necessárias às atividades sobrepostas (Hazini, Dehghan & Ruwanpura, 2014).

Vários autores têm desenvolvido modelos matemáticos de aplicação de *Fast Tracking*, de maneira a que seja reduzida a incerteza associada à sua aplicação. Krishnan, Eppinger & Whitney (1997) e Terwiesch, Loch & De Meyer (2002), por exemplo, desenvolveram modelos de aplicação de *Fast Tracking* a projetos de desenvolvimento de novos produtos. Roemer & Ahmadi (2004) apresentaram algumas regras de aplicação que, permitem otimizar os resultados. Outros autores, como Pena-Mora

& Li (2001), desenvolveram metodologias baseadas em modelos matemáticos já existentes a projetos da área da construção civil.

Bogus, Molenaar & Diekmann (2005), baseados em Prasad (1996), apresentam quatro padrões de relação entre atividades, i) dependência; ii) semi-independência, iii) independência e iv) interdependência. No primeiro caso, dependência, o autor afirma que existe total dependência de informação entre atividades, neste caso a atividade sucessora apenas pode ser executada aquando a conclusão de todas as suas predecessoras. Esta relação é claramente a relação de dependência entre atividades, já referida de *finish-to-start (FS)*. A realização de *Fast Tracking* em atividades deste tipo é então o mais arriscado, podendo gerar custos para o projeto (Bogus, Molenaar & Diekmann, 2005). O segundo padrão de relacionamento entre atividades é a semi-independência, no qual as atividades já foram planeadas parcialmente sobrepostas, no entanto, a aplicação de *Fast Tracking* a estas atividades poderá ainda envolver algum risco, quando existem sobreposições demasiado elevadas. O terceiro padrão é a independência, no qual as atividades não apresentam qualquer tipo de ligação necessária com as atividades antecessoras, assim, e nestes casos, a aplicação desta técnica, a estas atividades, não envolverá qualquer risco para o projeto. Por ultimo, o quarto padrão, é a interdependência, no qual as atividades já se sobrepõem por si só, não sendo assim uma forma de diminuir a duração do projeto, mas sim de execução das mesmas (Bogus, Molenaar & Diekmann, 2005).

Como referido, esta técnica implica um custo de *rework*, no entanto, não é garantido que aconteça, existe apenas a possibilidade deste existir. A existência deste custo poderá depender de vários fatores como, o tipo e a complexidade das atividades, o nível de sobreposição, e a duração das atividades, entre outros. Sendo o custo máximo de *rework* obtido quando existe necessidade de alteração total de uma dada atividade. Nestes casos a duração de *rework* é igual à duração sobreposta entre atividades (Dehghan & Ruwanpura, 2011). Krishnan, Eppinger & Whitney (1997) realizaram um estudo onde avaliaram dois fatores, o grau de evolução da atividade antecessora, ou seja, a velocidade com que são obtidas informações necessárias para a atividade sucessora, e o grau de sensibilidade a alterações da atividade sucessora a modificações da atividade antecessora. Com base nestes fatores os autores propuseram as seguintes formas de aplicação de *Fast Tracking*: i) *iterative Fast Tracking*; ii) *divisive Fast Tracking or no Fast Tracking*; iii) *preemptive Fast Tracking*; iv) *distributive Fast Tracking*.

Iterative Fast Tracking: quando a evolução da atividade antecessora é lenta e a sensibilidade da atividade sucessora é reduzida, é possível realizar a atividade sucessora apenas com informações preliminares da atividade antecessora. Assim, caso ocorram alterações substanciais na atividade antecessora, essas não terão grande impacto na sua sucessora.

Divisive Fast Tracking or no Fast Tracking: quando a evolução da atividade antecessora é rápida e a sensibilidade da sucessora é elevada, é necessário que a atividade antecessora seja acelerada, de forma a fornecer toda a informação necessária à sua sucessora. Neste caso poderá ser comprometida a qualidade da atividade antecessora, uma vez que esta perde a oportunidade de realizar alterações para que não sejam necessárias alterações na atividade seguinte.

Preemptive Fast Tracking: quando a evolução da atividade antecessora é lenta e a sensibilidade da atividade sucessora é elevada, é proposta a divisão da atividade antecessora e da sucessora por partes. Assim, a informação decorrente do primeiro período de execução da atividade sucessora será obtida ainda antes da conclusão da mesma, fornecendo, desde logo, informação suficiente para iniciar a primeira parte da sua sucessora.

Distributive Fast Tracking: neste caso a evolução da atividade antecessora é rápida e a sensibilidade da atividade sucessora é baixa. Assim, o risco de impacto na qualidade da atividade é dividido pelas duas atividades, tendo assim de ser identificado um ponto fixo de troca de informação antes do período de finalização da atividade antecessora, não podendo existir alterações na informação

fornecida e só dando a restante informação no final da sua execução (Krishnan, Eppinger & Whitney, 1997).

A Figura 2.10 esquematiza os vários tipos de *Fast Tracking* propostos pelos autores. Note-se que as setas representas a cinza correspondem a alterações preliminares da atividade antecessora, podendo estas ser alteráveis após fornecidas. As setas a azul representam informações finais, que não podem ser alteradas após serem fornecidas.

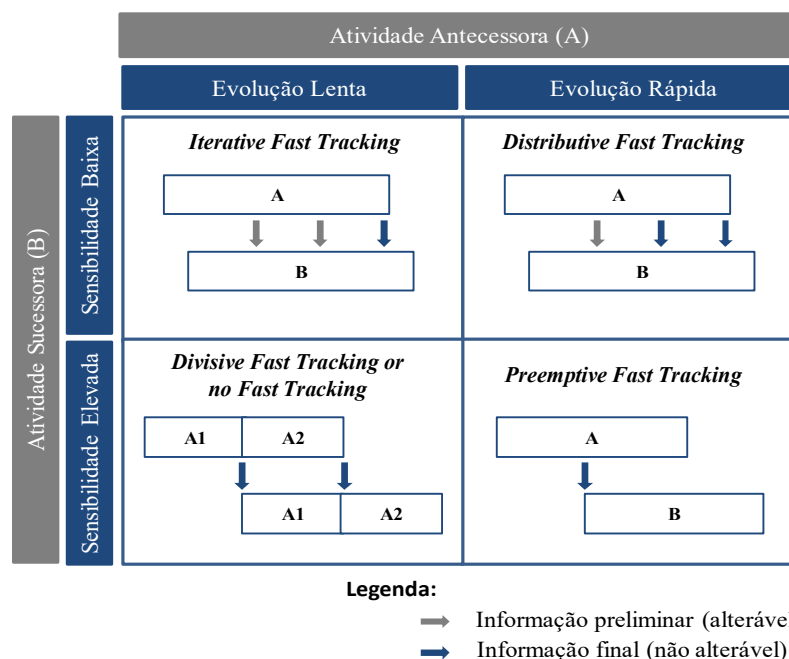


Figura 2.10 - Tipos de *Fast Tracking* com base no grau de evolução e sensibilidade das atividades a desempenhar

Adaptado de: Krishnan, Eppinger & Whitney (1997)

2.3.4.3 Substituição

Para além das técnicas de *Crashing* e *Fast Tracking*, que são as mais utilizadas pelos gestores de projeto, pode ser também aplicada uma outra técnica denominada de substituição. Tal como o seu nome sugere, esta técnica envolve a substituição de algumas atividades planeadas, por outras, o que pode ocorrer, por exemplo, quando se decide alterar a tecnologia utilizada para o desenvolvimento de uma dada tarefa por outra tecnologia mais eficiente em termos de tempo. Os custos associados a esta técnica são, então, os custos de aquisição de novas tecnologias que permitam a realização do projeto mais rapidamente do que o planeado, podendo, assim, compensar possíveis desvios ocorridos em atividades anteriores (Gerk & Qassim, 2008).

2.3.4.4 Combinação de diferentes técnicas

Diferentes autores afirmam que existe uma lacuna em relação às diferentes técnicas de aceleração de projetos existentes. Essa lacuna passa por responder às seguintes questões, quando aplicar as diferentes técnicas?, como aplicar?, e como se podem combinar as diferentes técnicas? de forma a melhorar o desempenho do projeto (Hazini, Dehghan & Ruwanpura, 2014).

Com base nos conceitos de grau de evolução da atividade antecessora e grau de sensibilidade a alterações da atividade sucessora, apresentados por Krishnan, Eppinger & Whitney (1997), Roemer & Ahmadi (2004) propõem a seguinte metodologia de combinação de *Crashing* e *Fast Tracking* em projetos de desenvolvimento de produto.

		Atividade Antecessora (A)	
		Evolução Lenta	Evolução Rápida
Atividade Sucessora (B)	Sensibilidade Baixa	Equilíbrio entre a aplicação de <i>Fast Tracking</i> e <i>Crashing</i> nas atividades	<i>Fast Tracking Crashing</i> na atividade sucessora
	Sensibilidade Elevada	<i>Crashing</i> na atividade antecessora	Equilíbrio entre a aplicação de <i>Fast Tracking</i> e <i>Crashing</i> nas atividades

Figura 2.11 -Aplicação de *Crashing* e *Fast Tracking* com base nos diferentes graus de sensibilidade e evolução

Adaptado de: Roemer & Ahmadi (2004)

Por sua vez, Hazini, Dehghan & Ruwanpura (2013) apresentaram um método heurístico para determinar o nível ótimo de *Crashing*/*Fast Tracking* na aceleração de projetos. A metodologia proposta encontra-se representada na Figura 2.12.

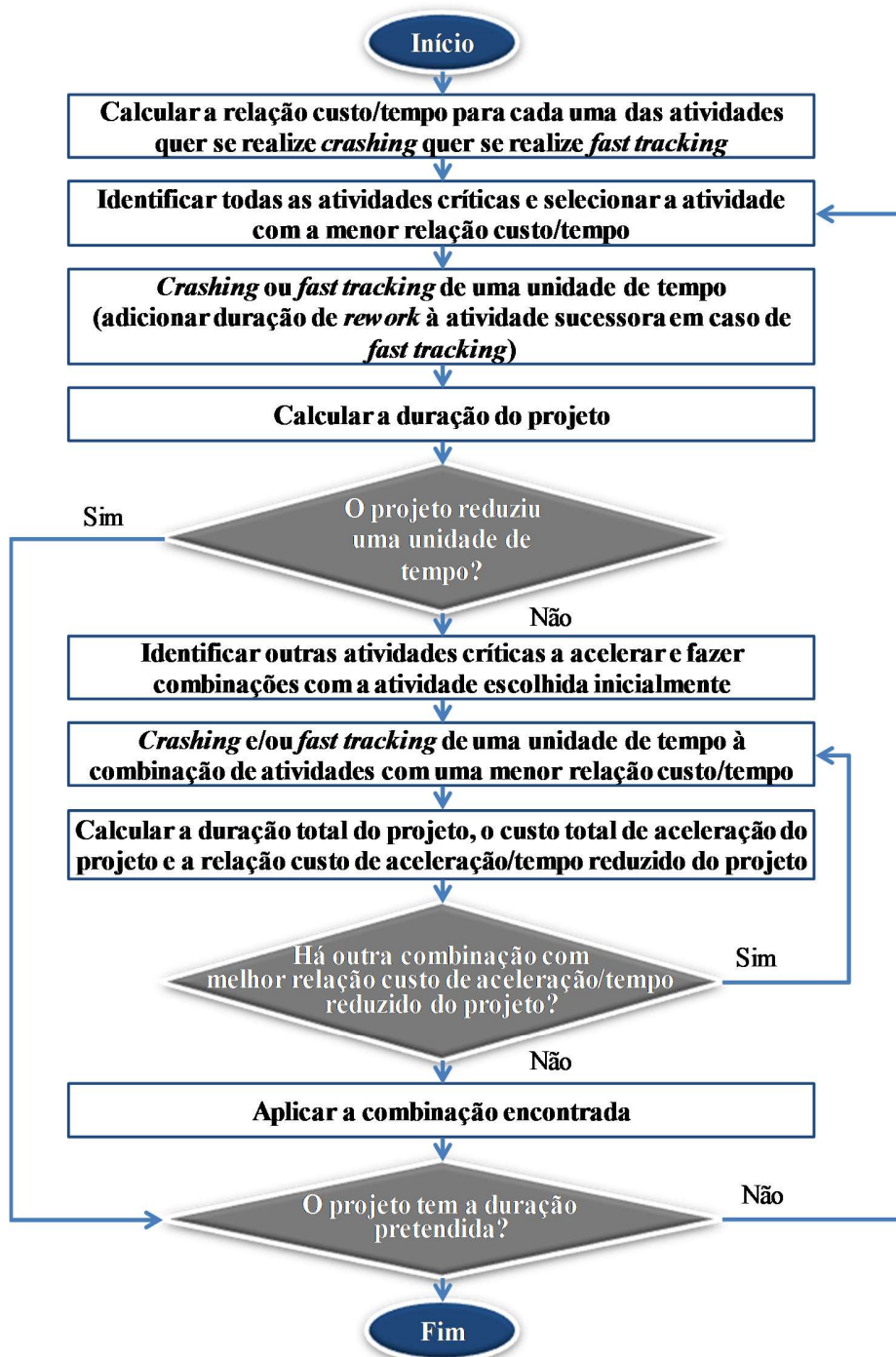


Figura 2.12 - Modelo combinado *Crashing/Fast Tracking*

Adaptado de: Hazini, Dehghan & Ruwanpura (2013)

2.4 Síntese do Capítulo

Neste capítulo foram apresentados os principais aspetos presentes na literatura no âmbito da gestão de projetos, com particular destaque para o planeamento, a monitorização e o controlo de projetos.

No que diz respeito ao planeamento de projetos, importa destacar: i) a definição do âmbito, ii) a definição das atividades, iii) a relação de dependência entre atividades, iv) a estimativa da duração das atividades, e v) a avaliação do risco. Relativamente à estimativa da duração das atividades, note-se que a técnica CPM e a técnica PERT são as duas técnicas mais aplicadas, sobretudo devido à sua aplicabilidade em diferentes tipos de projetos.

Quanto às técnicas de monitorização e controlo, foram abordados dois grupos distintos, denominados, no presente documento, por técnicas de controlo de projetos e técnicas de aceleração de projetos. A técnica EVM, uma das técnicas mais aplicadas em controlo de projetos, possibilita a avaliação do estado atual do projeto, através da qual são aplicadas um conjunto de métricas simples, e a realização de previsões com base no desempenho demonstrado pelo projeto até ao momento de controlo. Das técnicas de aceleração de projetos, destacam-se as técnicas de *Crashing* e de *Fast Tracking*. Na técnica de *Crashing* a redução da duração do projeto é alcançada através da alocação de recursos extra, enquanto o *Fast Tracking*, consiste na redução da duração do projeto através da sobreposição de atividades em paralelo, que anteriormente eram realizadas de forma sequencial.

CAPÍTULO III

3 Descrição do Caso de Estudo

Neste capítulo é descrito o caso de estudo analisado na presente dissertação de mestrado, apresentando os seus objetivos, especificações, limitações e decisões tomadas, até à data de fevereiro de 2016, ou seja, na fase anterior ao desenvolvimento deste trabalho. Além da caracterização do caso de estudo, é descrita sumariamente a empresa Volkswagen Autoeuropa (VW AE), respetivas áreas e departamentos.

3.1 Enquadramento

O grupo Volkswagen (VW) adotou nos últimos meses uma nova estratégia, denominada por “*Together – Strategy 2025*”, cujo objetivo é, segundo o CEO Matthias Müller, “tornar o grupo mais focado, eficiente, inovador, centrado no cliente, sustentável e sistematicamente orientado para gerar um crescimento rentável” (Mendonça, 2016). A empresa VW AE, localizada na região de Palmela, Portugal, no seguimento dos objetivos do grupo, está a desenvolver novos projetos que implicarão um período de mudança na fábrica, nos próximos anos.

O primeiro dos projetos será a produção de um novo modelo automóvel, a iniciar em 2017, e a produção de peças para outros modelos automóveis, produzidos noutras empresas do grupo Volkswagen (VW). Estes projetos têm conduzido a alterações processuais e de *layout*, entre outras. Essas alterações correspondem não só a um processo de melhoria contínua, pretendido pela empresa, mas também de preparação para os novos desafios do próximo ano. A empresa prevê, assim, um aumento significativo da produção, garantindo os padrões de qualidade exigidos pelos clientes. O caso de estudo apresentado encontra-se alinhado com estas alterações, uma vez que visa garantir o controlo de qualidade efetuado no Centro de Medições, *Masterbuck* e *Cubing*, do departamento de Análise do Veículo Completo da área da Qualidade, da empresa VW AE, referido como Centro de Medições no decorrer deste documento.

3.1.1 Caracterização da Empresa

A empresa VW AE é uma das fábricas do Grupo VW, de origem alemã, localizada na região de Palmela, sendo o maior investimento estrangeiro efetuado em Portugal, e com forte impacto na economia nacional e regional, tendo tido uma contribuição de 1,1% para o PIB nacional em 2015 (Volkswagen Autoeuropa, 2016).

A fábrica iniciou produção em 1995 com a produção do VW Sharan e do Ford Galaxy através de uma *join-venture* que detinha com o Grupo Ford. No entanto, anos mais tarde, a *join-venture* terminou com a aquisição de 100% do capital social pelo Grupo VW. A VW AE é uma fábrica multiproduto e em 2015 produzia quatro modelos: VW Sharan, Seat Alhambra, VW Eos e VW Scirocco, mas no final do 1º semestre do ano a empresa decidiu extinguir a produção do VW EOS, estando a produzir até à data três modelos que envia para vários mercados, nomeadamente, Ásia, Europa e Norte da América.

A empresa está organizada em oito áreas que englobam vários departamentos e equipas de trabalho, i) Gestão do Produto e Planeamento, ii) Engenharia Industrial e *Lean Management*, iii) Administração, iv) Finanças e Tecnologias da Informação, v) Direção Geral de Produção, vi) Recursos Humanos e Organização, vii) Logística, e viii) Qualidade.

A área da Qualidade, onde se encontra integrado o Centro de Medições, como referido no ponto 3.1, tem como principal objetivo garantir que são mantidos os níveis de excelência dos produtos

fabricados, através da fabricação de veículos de qualidade, por meio de processos padronizados e em conformidade com as necessidades dos seus clientes. Esta área encontra-se organizada em cinco divisões, i) Planeamento da Qualidade, ii) Peças Compradas, iii) Análise do Veículo Completo, iv) Qualidade da Produção, e v) Auditoria Final e Relatórios.

A divisão de Análise de Veículo Completo possui quatro departamentos, i) Tecnologia de Materiais, ii) Centro de Testes, iii) Avaliação da Experiência com Veículos, e iv) Centro de Medições. A Divisão de Análise de Veículo Completo realiza análises de peças individuais, desvios dimensionais, avaliação das propriedades do material, avaliação de veículos e testes dinâmicos de estrada, entre outras funções.

O Centro de Medições, local onde foi desenvolvido o caso de estudo apresentado na presente dissertação, é responsável pelo processo de medição de peças, subconjuntos e carroçarias, sendo seu objetivo garantir que as especificações de qualidade são cumpridas e evitar retrabalho em fases mais avançadas do processo produtivo, diminuindo assim custos e desperdícios em toda a fábrica. O Centro de Medições está também subdividido em cinco equipas, i) *Masterbuck* e *Cubing* Scirocco, ii) *Masterbuck* e *Cubing* Sharan/Alhambra, iii) Medições e Controlo Geométrico, iv) Análise e Amostras Iniciais, e v) Projetos e Programação *Offline*.

As divisões da área da Qualidade, os departamentos da divisão de Análise do Veículo Completo e as equipas de trabalho do Centro de Medições podem ser observadas na Figura 3.1.

3.1.1.1 Equipa de *Masterbuck* e de *Cubing* do Scirocco e Sharan/Alhambra

As equipas de *Masterbuck* do Scirocco e Sharan/Alhambra têm como principais funções melhorar a qualidade dos veículos produzidos, através da análise de peças de estampagem e carroçaria produzidas na VW AE, e peças adquiridas a fornecedores. As peças são montadas numa estrutura nominal de alumínio, denominada de *Masterbuck*, numa escala de 1:1. O objetivo é verificar a conformidade dimensional e visual das peças exteriores de um veículo, como as portas, capô e bagageira, através de um posicionamento realizado pelo sistema *Reference Point System (RPS)*.

As equipas de *Cubing* do Scirocco e da Sharan/Alhambra são responsáveis pelas medições realizadas em modelos de alumínio ou de aço inox maquinado, denominados por *cubing*, com uma tolerância máxima de duas décimas de milímetro face ao modelo original. No *cubing* são realizadas unicamente medições de peças de fornecedores de forma a detetar desvios face ao estabelecido no desenho da peça e face ao acordado com a VW AE.

Quando é detetada alguma anomalia numa peça ou alguma interferência entre peças, as falhas são classificadas com uma pontuação que depende do seu grau de gravidade, Tabela 3.1.

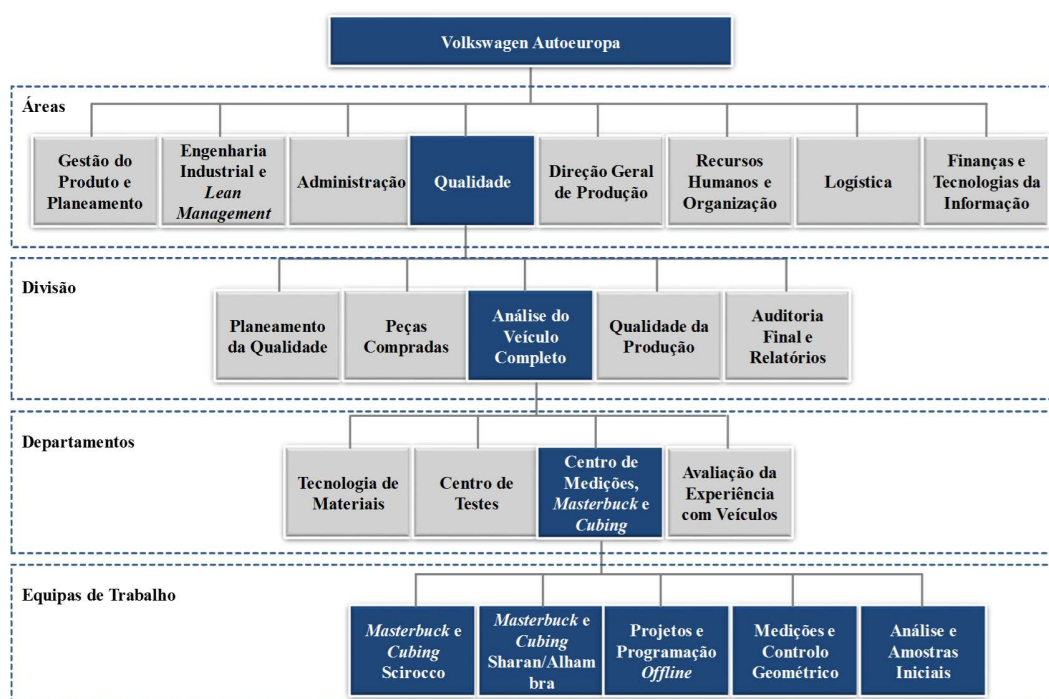


Figura 3.1 - Organograma da Área da Qualidade VW AE

Tabela 3.1 - Tipos de Falha e Pontuações

Tipo de Falha	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
Pontuação	60	50	40	30	20	10

Os tipos de falha com uma pontuação superior, F₁ e F₂, apresentam maior gravidade e a sua ocorrência não é aceite na empresa. Para as falhas com uma pontuação intermédia, falhas F₃ e F₄, deve ser elaborado um plano de ação, de forma a mitigar os erros por elas provocados assim que estas são detetadas. As falhas com menor gravidade, classificadas como F₅ e F₆, devem ser também corrigidas, assim que possível, pelas áreas de produção da fábrica ou pelos fornecedores dos respetivos componentes.

3.1.1.2 Equipa de Medições e Controlo Geométrico

A equipa de Medições e Controlo Geométrico realiza medições de rotina a peças estampadas, subconjuntos (ZSB) da carroçaria e carroçaria completa, e medições especiais, caso sejam solicitadas. As medições são efetuadas com equipamentos de sistema ótico, através de digitalização e com equipamentos de sistema táctico, através de um sistema tridimensional. Esta equipa é, ainda, responsável por fazer digitalizações e medições táteis especiais de ferramentas, peças, carroçarias ou carros completos.

3.1.1.3 Equipa de Análise e Amostras Iniciais

Na equipa de Análise e Amostras Iniciais são realizadas análises geométricas dos problemas detetados em peças simples, carroçarias ou carros completos, investigações dimensionais e é executado, ainda, o processo de amostras iniciais. O objetivo é garantir o nível de qualidade das peças de chapa estampadas, peças CP5, produzidas desde o início do processo de construção das ferramentas de estampagem até à monitorização dos níveis de qualidade quando a produção é em série.

3.1.1.4 Equipa de Projetos e Programação *Offline*

A equipa de Projetos e Programação *Offline* é responsável pelo desenvolvimento de programas de medição (tátil e ótico) em *offline*, a serem utilizados nos vários equipamentos do departamento. Realiza, ainda, análises teóricas em modelos 3D (CAD, Catia V5), análise, custeio e planeamento da introdução de alterações de engenharia, “*Facelift's*” e novos modelos automóveis, com impacto no trabalho realizado no Centro de Medições.

3.1.2 Objetivos do Centro de Medições

Face às previsões de produção da VW AE para os próximos anos, o Centro de Medições pretende cumprir os seguintes objetivos:

- Garantir a capacidade de medição do Centro de Medições, mantendo os níveis de qualidade e precisão necessários face ao aumento da produção previsto;
- Inovar os atuais processos de medição, de modo a obter um maior número de informações das medições realizadas, face ao atualmente obtido;
- Melhorar a eficiência do processo de medição, reduzindo o tempo de medição por peça e por subconjunto (ZSB).

De forma a garantir o cumprimento dos objetivos definidos, o Centro de Medições tem realizado, desde o início de 2015, algumas atividades de avaliação, de forma a perceber se possui capacidade suficiente para realizar as medições necessárias, face ao aumento previsto da produção.

3.1.3 Motivação

No enquadramento do presente capítulo, secção 3.1, foram identificados os objetivos da VW AE para os próximos anos, que implicam a ocorrência de várias alterações nos próximos meses. Estas alterações têm como ponto de partida a preparação do lançamento da produção, em 2017, de um novo modelo automóvel e a produção de novas peças para outros modelos de automóvel do grupo VW. Tendo em atenção o aumento da produção previsto, é necessário garantir: i) que todos os processos são realizados de forma eficaz e eficiente, ii) diminuição de possíveis atrasos e desperdícios de produção, comuns em fases de lançamento de um novo modelo automóvel e iii) controlo da qualidade que é realizado, não só das novas peças produzidas pela VW AE, mas também das peças rececionadas dos fornecedores.

No Centro de Medições de forma a garantir que as suas responsabilidades são asseguradas e que os seus objetivos são alcançados, mesmo que ocorra o aumento de produção previsto, foi efetuado um estudo de capacidade, no qual foram avaliados diferentes cenários, que por razões de confidencialidade não podem ser apresentados detalhadamente na dissertação. Este estudo permitiu antever os recursos necessários e número de medições a realizar, nas fases de lançamento e de “*on-going*”, seguinte ao lançamento, onde parte dos erros iniciais de produção já foram corrigidos. Para efeitos de avaliação de necessidades, a VW AE tem em conta apenas os estudos realizados na fase “*on-going*” uma vez que a fase de lançamento não é considerada representativa das necessidades reais do Centro de Medições no futuro.

Para realização do estudo de capacidade foram tidos em conta os seguintes factos:

- Número de equipamentos a operar no Centro de Medições;
- Número de peças simples e subconjuntos (ZSB) de cada modelo, medidos por equipamento;

- Tempo de medição por peça em cada um dos equipamentos onde pode ser efetuada a sua medição;
- Frequência de medição dos vários componentes;
- Número de turnos a operar no Centro de Medições;
- Duração de cada turno;
- Número de dias de trabalho/ano;
- Paragens próprias do equipamento;
- Paragens induzidas do equipamento.

É importante referir que à data de realização deste estudo a fábrica ainda produzia 4 modelos, no entanto, e apesar da realidade da fábrica atualmente ser diferente, uma vez que foi descontinuado a produção do modelo VW EOS, este facto não teve grande impacto no Centro de Medições, uma vez que as medições realizadas a este modelo já eram reduzidas. Assim sendo, considera-se válido o estudo de capacidade realizado pela VW AE em 2015. Nesta data existiam no departamento nove equipamentos de medição, sendo que dois estavam reservados para medições especiais e de investigação estando, assim, contemplados sete equipamentos de medição, DEA 1, DEA 2, Zeiss 1, Zeiss 2, *Clinching* 1, *Clinching* 2 e célula ótica I, facto que se mantém atualmente. Na Figura 3.2, pode ser observada a capacidade de medição do departamento, nos cenários de operação em dois e três turnos, com os sete equipamentos identificados.

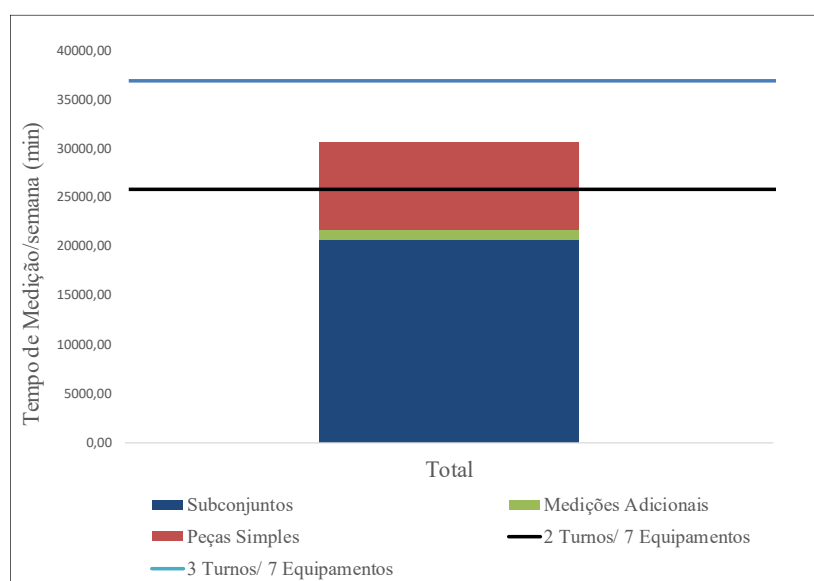


Figura 3.2 - Capacidade de medição atual do Centro de Medições

Adaptado de: Estudo de capacidade VW AE

O Centro de Medições apresenta alguns problemas de capacidade quando opera em dois turnos, mas quando opera com três turnos não apresenta qualquer constrangimento ao número de medições que tem de realizar semanalmente, Figura 3.2. Para avaliação da situação futura, que inclui a produção de um novo modelo numa fase “*on-going*”, é apresentada a Figura 3.3 onde se encontra representado o tempo total necessário para medições.

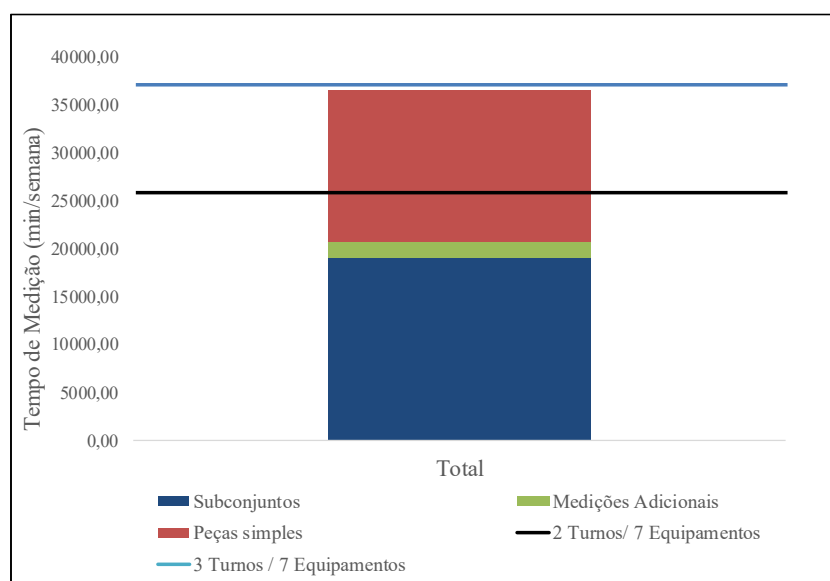


Figura 3.3 - Capacidade de medição atual e Capacidade de medição necessária

Adaptado de: Estudo de capacidade VW AE

Analisando os cenários apresentados, é possível verificar que não existe capacidade de medição suficiente quando a operação é realizada em dois turnos. No entanto, e mesmo com o aumento de produção previsto, é possível realizar em três turnos todas as medições requeridas. Por razões financeiras o Centro de Medições não pretende que o funcionamento seja feito em três turnos, uma vez que os custos durante o período noturno são substancialmente mais elevados do que no período diurno. Assim, foram estudadas diferentes soluções para cumprir com os objetivos pretendidos e prosseguir com o funcionamento do centro em dois turnos.

3.1.4 Identificação da Solução

Considerando a necessidade de aquisição de um novo equipamento de medição, a VW AE, após avaliar vários equipamentos de medição, estabeleceu que os equipamentos de medição ótica seriam a melhor solução. Estes equipamentos permitem a minimização do tempo total de medição dos vários componentes e o aumento do número de informações fornecidas nas medições realizadas. Permitem, assim, facilitar a criação de uma base de dados com todas as informações das medições realizadas, que poderão ser consultadas sempre que necessário.

Para avaliação desta solução foram avaliados diferentes cenários, que não serão descritos por questões de confidencialidade. Na dissertação serão apresentados os resultados dos cenários pessimista e otimista. Alguns dos cenários estudados permitiram concluir que a aquisição de apenas um novo equipamento não solucionaria totalmente o problema identificado, sendo necessário, em alguns casos, a utilização de parte dos equipamentos atualmente reservados para medições especiais. Isto é, passariam a operar no departamento dez equipamentos de medição.

Na Figura 3.4 é apresentado o resultado da análise do cenário pessimista no qual é considerada a redução do número de medições necessárias a alguns dos componentes.

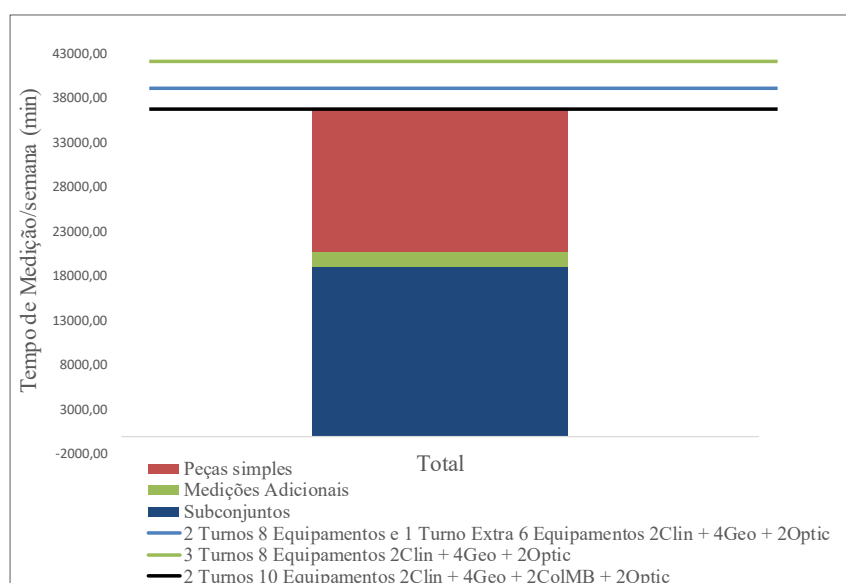


Figura 3.4 - Capacidade de medição futura do Centro de Medições – Cenário pessimista

Adaptado de: Estudo de capacidade VW AE

A análise da Figura 3.4 permite verificar que é possível efetuar todas as medições necessárias semanalmente, operando em dois turnos, no entanto será necessário realizar medições com dez equipamentos, ocupando parte dos equipamentos do Centro de Medições reservados para medições especiais. Para realização de medições apenas com oito equipamentos é sempre necessário recorrer a um turno extra semanalmente, facto que vai contra os objetivos do Centro de Medições.

Um cenário otimista é apresentado, a Figura 3.5, onde se pode observar que é possível o funcionamento do Centro de Medições em dois turnos e apenas com oito equipamentos, no entanto, é necessária a ocupação de alguns equipamentos de medições especiais, uma vez que como verificado, o tempo total de medição por semana excede ligeiramente o patamar do cenário de medição com oito equipamentos. No entanto, neste cenário é feita uma redução substancial do número de componentes em medição, o que é considerado pelo Centro de Medições, como sendo o cenário otimista.

Desta forma é possível concluir a necessidade de adquirir um novo equipamento de medição para o departamento, de modo a tornar possível o cumprimento de todos os objetivos do Centro de Medições.

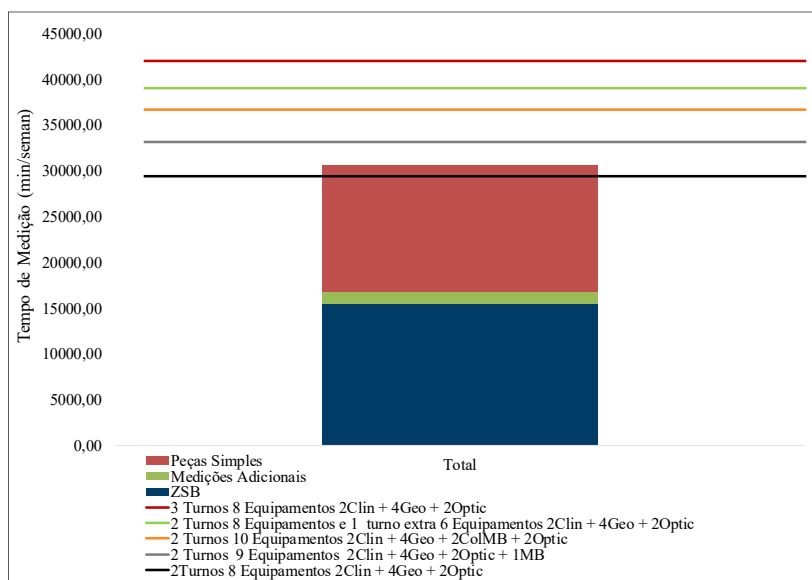


Figura 3.5 - Capacidade de medição futura do Centro de - Cenário Otimista (Fonte: VW AE)

3.1.5 Implementação da Solução

Após a identificação da necessidade de aquisição de um novo equipamento de medição, foi realizado um *benchmarking* com outras fábricas do Grupo VW para identificação de potenciais equipamentos a adquirir. Com base no *benchmarking* realizado, e tendo também em conta as necessidades específicas da fábrica, optou-se pela aquisição de um equipamento de medição ótica, mais concretamente, uma célula ótica de medição por fotogrametria como a apresentada na Figura 3.6.

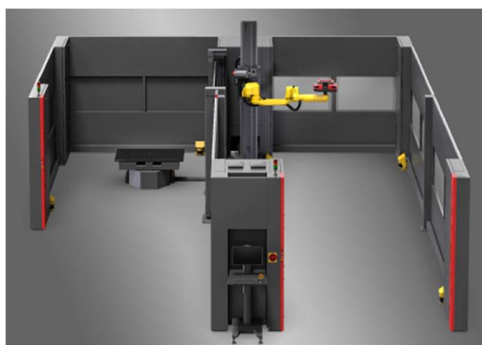


Figura 3.6 - Equipamento de medição ótica

Fonte: GOM (2016)

Surgiu, assim, um novo projeto no Centro de Medições denominado “Aquisição de um Novo Equipamento de Medição Ótica por Fotogrametria”. Como a organização pretende que o novo equipamento de medição esteja operacional no início da produção das novas peças e no momento do lançamento do novo modelo automóvel, foi definido como *target* para a finalização do projeto o mês de outubro de 2016. Para que tal seja possível, adotou-se uma estratégia de planeamento detalhado e de controlo constante das respetivas atividades inerentes ao projeto.

Ainda numa fase inicial do projeto, e após a tomada de decisão relativa ao tipo de equipamento a adquirir, foi elaborado um caderno de encargos com todas as especificações técnicas e *standards* requeridos pela VW, tais como a precisão de medição, dimensões requeridas, garantia, manutenção,

entre outras. Em seguida, foi aberto um concurso público, onde os fornecedores interessados no projeto apresentaram as suas propostas de equipamento de medição ótica e respetivas cotações. As cotações rececionadas dos vários fornecedores sofreram então uma análise não só financeira, mas também técnica, de forma a permitir a seleção do fornecedor.

Apesar do projeto ter como data de início fevereiro de 2015, é de referir que o desenvolvimento deste caso de estudo apenas se iniciou em fevereiro de 2016, após uma alteração significativa do *budget* disponível, que levou a profundas alterações dos objetivos do projeto face ao planeamento inicial. No caso de estudo, para uma melhor compreensão, serão apresentadas também, de forma detalhada, as atividades decorridas de fevereiro de 2015 a fevereiro de 2016.

A par das limitações de *budget*, foram ainda identificadas limitações de tempo e de espaço, que estão detalhadas nas secções 3.1.5.1 a 3.1.5.3.

3.1.5.1 Limitação - Tempo

De acordo com os objetivos da VW AE e do Centro de Medições, o projeto para além de incluir as componentes de inovação e de melhoria contínua, apresenta um objetivo de prioridade superior, a instalação do novo equipamento no período *target* definido. Só assim será possível que, quando a fábrica iniciar a produção das novas peças e do novo modelo automóvel, o Centro de Medições possua todas as condições para que possa responder às necessidades das diferentes áreas de produção da fábrica, conseguindo detetar as falhas iniciais, comuns numa fase de lançamento. É de realçar que as falhas iniciais têm uma contribuição elevada nos custos iniciais de produção de um novo produto e consequentemente um impacto elevado na empresa. Assim, e apesar da aprovação do projeto ter sido baseada nas necessidades do Centro de Medições numa fase “*on-going*”, a fase de lançamento é também uma fase crítica e até à qual o projeto deve ser concluído. Assim, é definido como *target* do projeto a semana 40 de 2016, ou seja, o projeto terá uma duração de 392 dias. O incumprimento da conclusão do projeto, dentro do *target* definido implicará para a empresa custos de incumprimento de prazos, que incluem os custos de horas extra para realização das medições necessárias, planeadas para o novo equipamento de medição, noutros equipamentos atualmente em operação no Centro de Medições.

3.1.5.2 Limitação – Espaço

No Centro de Medições existem atualmente nove equipamentos de medição e o *Masterbuck* e *Cubing* da Sharan/Alhambra e Scirocco. O espaço disponível é reduzido para alocação do novo equipamento.

A hipótese de realocação dos equipamentos já existentes possui limitações, visto que exige a realização de um vasto número de atividades, devido à sua natureza. A realocação dos equipamentos implica não só o transporte para um novo local, com equipamentos específicos, visto que o seu peso ronda as vinte toneladas, como a criação, na maior parte dos casos, de um fosso para colocação dos equipamentos, de forma a garantir as condições necessárias de estabilidade do equipamento, evitando possíveis vibrações e, consequentemente, desvios nas medições. Estas atividades em conjunto com as de montagem e de calibração, necessárias após o processo de realocação de equipamentos, representam custos elevados, não sendo esta uma das opções mais viáveis a nível financeiro.

A instalação do novo equipamento exige o cumprimento de um conjunto de requisitos que possibilitem o seu funcionamento de acordo com as normas de segurança e as condições definidas para que seja obtida a tolerância exigida nas medições realizadas. Um dos fatores que deve ser avaliado são as vibrações no local, fator esse que é crítico no centro, devido à sua proximidade com a área de prensas da fábrica, onde por vezes é sentido alguma vibração proveniente do funcionamento das prensas. Outro dos fatores é a altura do local, uma vez que é necessária a movimentação do *robot* até alturas elevadas. Assim, devem ser garantidas todas as regras de segurança de forma a evitar potenciais colisões com o *robot*. Outros fatores, como o solo e o fornecimento de energia, devem ser

tidos em conta na seleção do novo local. Para a seleção do novo local para instalação do equipamento foram, assim, elaborados diferentes cenários, onde foram avaliados os aspetos técnicos referidos e os fatores financeiros. Algumas das propostas consideradas são apresentadas seguidamente.

Tendo em conta o espaço disponível no Centro de Medições, uma das primeiras soluções consideradas foi a extensão do centro para uma área onde atualmente se encontram localizadas oficinas de reparação de um outro departamento da VW AE. Com essa extensão seria possível criar um local totalmente reservado para a colocação dos equipamentos de medição ótica, equipamento já existente e novo equipamento. Este *layout* envolvia ainda outras alterações, como a extensão da sala do *Masterbuck* e *Cubing* Scirocco e a colocação de uma terceira doca para receção de componentes e materiais. Esta opção foi reprovada uma vez que não seria possível a extensão do Centro de Medições para a área em questão.

A segunda hipótese envolvia também a extensão do Centro de Medições, no entanto seria ocupada uma área menor do outro departamento e a extensão efetuada não colocaria em causa nenhuma outra área da fábrica. Esta hipótese foi também reprovada devido às regras de segurança dos equipamentos de medição ótica, uma vez que existia risco de colisão do equipamento com o piso superior.

Após a elaboração de diferentes cenários e avaliação dos requisitos técnicos e fatores financeiros inerentes à realização das várias alterações ao *layout* atual, optou-se pela não extensão do Centro de Medições. Sendo assim, apenas é necessária a realocação da oficina do centro e de dois dos equipamentos já existentes no departamento, de forma a dar lugar à alocação do novo equipamento. Assim, será realocada a oficina localizada na área do *Masterbuck* e *Cubing* Scirocco para que esta tenha acesso direto aos equipamentos de medição especial. Os dois equipamentos que serão realocados são as duas máquinas de *Clinching*, uma ficará localizada na área do *Masterbuck* e *Cubing* Scirocco e a outra junto a outros equipamentos de medição tátil. Os custos desta realocação, apesar de elevados, são os menores que poderiam ocorrer, visto que a realocação de qualquer outro equipamento já existente no departamento iria causar custos superiores, devido às suas características.

O novo local para alocação do equipamento a adquirir apresenta as condições necessárias e espaço suficiente para a instalação do equipamento pretendido. Numa fase posterior, o fornecedor selecionado terá de elaborar todos os testes necessários ao local, garantindo que este não apresenta nenhum constrangimento à instalação e funcionamento do equipamento.

3.1.5.3 Limitação - Custo

O custo foi, também, um dos fatores considerados na fase inicial do projeto, não só para seleção do novo *layout* do departamento mas, também, das atividades a desenvolver no projeto. Na fase inicial do projeto, em 2015, foi definido um *budget*, que no final do ano foi reduzido. Face à alteração do *budget* foi necessário redefinir algumas das atividades cuja execução estava planeada. O controlo das atividades do projeto foi considerado como uma atividade chave não só por ter em conta a redução de tempo disponível para a execução do projeto, mas também o controlo dos custos associado às atividades.

3.2 Síntese do Capítulo

Neste capítulo foi apresentado o caso de estudo que se baseia num projeto a decorrer na Volkswagen Autoeuropa. O projeto consiste na aquisição de um novo equipamento de medição ótica, para o Centro de Medições, da área de Qualidade da empresa. Este projeto surge da necessidade de aumentar a capacidade de medição, tendo em consideração o aumento da produção previsto, para 2017, com o lançamento de um novo modelo automóvel e com produção de novas peças para outros modelos do grupo VW. No entanto, a este projeto encontram-se associadas algumas limitações de tempo e custo

que não foram tidas em conta pela empresa no seu início, fevereiro de 2015, obrigando a um replaneamento, em fevereiro de 2016, cujo plano de projeto é apresentado no Capítulo IV.

CAPÍTULO IV

4 Plano de Gestão do Projeto de Aquisição do Equipamento de Medição Ótica

No presente capítulo é apresentado o plano de gestão do projeto do caso de estudo exposto no Capítulo III. Para o seu desenvolvimento foram tidas em conta as *guidelines* apresentadas no *PMBOK® Guide*, 5ª edição. O *PMBOK* descreve um conjunto de técnicas e ferramentas que depois de aplicadas em vários projetos se comprovou que conduzem ao sucesso, constituindo, assim, uma “boa prática” a implementar. No entanto, isso não exige que sejam aplicadas todas as informações referidas neste guia, cabendo à equipa de projeto a decisão de quais devem ser aplicadas.

No projeto em estudo foram definidos seis planos, Gestão do Âmbito, Prazos, Custos, Recursos Humanos, Qualidade e Risco. Com a elaboração destes planos é possível à empresa planear e antever os custos do projeto, recursos necessários, potenciais riscos que devem ou não ser mitigados entre outras informações relevantes que permitem não só um planeamento eficaz de todo o projeto, mas também o seu controlo, de modo a aumentar a eficiência do processo de gestão do projeto em estudo.

4.1 Plano de Gestão do Âmbito

O Plano de Gestão do Âmbito define o âmbito do projeto e identifica as exclusões, restrições, *deliverables* (entregáveis) requisitos, *stakeholders* e *Work Breakdown Structure*, associadas às atividades do projeto.

4.1.1 Declaração do Âmbito

A declaração do âmbito é um documento que descreve a forma como será definido, validado e controlado o âmbito do projeto (Miguel, 2013). Esta permite salvaguardar que apenas as atividades requeridas são efetuadas, garantindo, assim, a execução do projeto de acordo com os objetivos planeados e possibilitando, desta forma, o seu sucesso (Project Management Institute, 2013).

4.1.1.1 Definição do Âmbito

O âmbito do projeto em estudo envolve o planeamento e controlo das atividades inerentes ao processo de aquisição de um novo equipamento de medição ótica e respetiva instalação no Centro de Medições. Para o efeito, são definidas as atividades a desenvolver, recursos necessários, responsáveis, prazos, riscos e potenciais custos, de forma a garantir o cumprimento dos objetivos definidos. O projeto tem em conta as atividades da responsabilidade da VW AE e o controlo de atividades da responsabilidade de empresas externas.

4.1.1.2 Exclusões

O projeto não contribui para no processo de construção do equipamento a adquirir, nem para o seu transporte para a VW AE, sendo essas atividades da responsabilidade da empresa fornecedora do equipamento. No entanto, os seus *timings* são controlados internamente pela VW AE.

4.1.1.3 Restrições

As principais restrições do projeto referem-se aos custos e prazos. Note-se que existe um orçamento de 647 000 UM para o projeto, previamente definido pela sede do grupo Volkswagen (Wolfsburg, Alemanha) e a VW AE definiu a semana 40 de 2016 como *target* de conclusão do projeto.

4.1.1.4 Deliverables do Projeto

O projeto apresenta os seguintes *deliverables*:

- Estudo de capacidade: O estudo de capacidade realizado teve como objetivo a identificação da necessidade de aquisição de um novo equipamento. Este estudo definiu não só a taxa de ocupação atual dos equipamentos a operar, mas também uma previsão da taxa de ocupação nos próximos anos, identificando a necessidade de aquisição de um novo equipamento de medição.
- Novo *layout* do Centro de Medições: A seleção do novo *layout* tem em conta as exigências requeridas do novo equipamento a adquirir e a realocação, se necessário, dos equipamentos já existentes no Centro de Medições. O *layout* terá de ter em conta as movimentações de material e pessoas, garantindo a estabilidade das atividades realizadas diariamente no departamento.
- Seleção do fornecedor do novo equipamento de medição: O processo de seleção do fornecedor exige uma avaliação técnica e financeira para que sejam garantidas as especificações necessárias e que sejam cumpridas as normas de qualidade, condições de garantia e manutenção, conferindo assim à VW o suporte da empresa fornecedora, não só numa fase inicial de implementação da nova tecnologia, mas também, a médio prazo.
- Obras de preparação para alocação do novo equipamento e realocação de equipamentos já existentes: para instalação do novo equipamento serão necessárias obras de preparação do solo onde este será colocado e a preparação do local para que sejam garantidas as condições necessárias e ainda obras de realocação de equipamentos como definido no novo *layout*.
- Implementação do novo equipamento e realização de testes: A empresa fornecedora terá de implementar o novo equipamento bem como realizar testes de forma a verificar a conformidade e o cumprimento das especificações solicitadas.

É de referir que os *deliverables*, estudo de capacidade e novo *layout* do Centro de Medições já estavam concluídos na data de início de elaboração da dissertação.

4.1.2 Recolha de Requisitos

Os requisitos do projeto, bem como, a sua justificação, resultados pretendidos, exclusões, restrições, responsáveis, *milestones*, entre outras informações a ter em conta no planeamento das atividades, encontram-se documentados na *Project Charter*, apresentado no Anexo I.

Para facilitar o processo de recolha de requisitos é importante a identificação dos *stakeholders* do projeto, de forma a garantir que todas as suas necessidades e expectativas são tidas em consideração aquando da definição dos objetivos e do planeamento das atividades do projeto. A recolha de requisitos é finalizada com a documentação de forma detalhada dos requisitos e respetivas prioridades.

4.1.2.1 Registo de Stakeholders

O Centro de Medições é apresentado como um dos principais *stakeholders* do projeto, uma vez que é a parte interessada que tem um maior impacto no seu desempenho. No entanto, são ainda identificados como *stakeholders* a gestão de topo da VW AE, a sede da VW, os departamentos de Compras, de Infraestruturas, IT (Tecnologias da Informação) a empresa fornecedora do equipamento de medição pretendido e, ainda, empresas fornecedoras de outros serviços externos. São *stakeholders*, ainda que de uma forma indireta, a Direção Geral de Produção da fábrica, na qual estão abrangidas as diferentes áreas produtivas, Prensas, Carroçarias, Pintura e Montagem, os operadores de medição e os clientes da VW AE que exigem que a qualidade dos veículos seja continuamente assegurada.

Na Tabela 4.1 são identificadas características dos *stakeholders* do projeto, e quantificado o seu poder e interesse numa escala de 1-10, sendo 1 atribuído quando o Poder/Interesse é baixo e 10 quando o Poder/Interesse é elevado. Esta quantificação foi realizada pela equipa de projeto com base no conhecimento adquirido em projetos anteriores.

A análise do Interesse *versus* Poder de cada um dos *stakeholders*, Figura 4.1, pode ser realizada sob quatro perspetivas, às quais devem ser aplicadas diferentes estratégias de gestão e comunicação, nomeadamente, “Manter Satisfeito”, “Gerir atentamente”, “Monitorizar” e “Manter informado”.

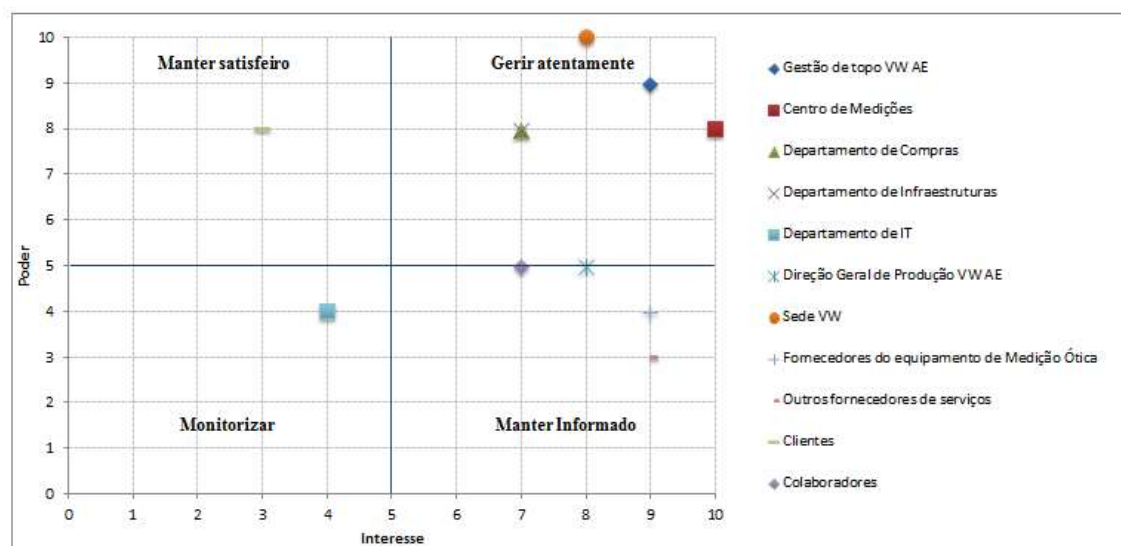


Figura 4.1 - Interesse vs Poder *Stakeholders*

Os *stakeholders*, presentes no quadrante “Manter Satisfeito” devem ser informados do decorrer do projeto sendo também importante controlar continuamente se as suas necessidades estão a ser satisfeitas. No quadrante “Gerir atentamente” deve ser garantida uma transparência total com os *stakeholders*, mantendo um contacto constante e uma troca de informação detalhada de todas as atividades a ocorrer. Com os *stakeholders* presentes no quadrante “Manter Informado” devem ser usadas estratégias de comunicação uma vez que estes necessitam de informações constantes sobre o desempenho do projeto. Por fim, no quadrante “Monitorizar” é apenas necessário informar os *stakeholders* em casos extremos de alteração do âmbito do projeto, sendo adotado um controlo do projeto à distância.

Tabela 4.1 - Análise de *Stakeholders*

<i>Stakeholder</i>	Apoio prestado	Interesse direto	Poder	Interesse
Centro de Medições	Equipa de gestão do projeto para acompanhamento e controlo de todas as atividades a realizar.	Garantia de capacidade de medição dos diferentes componentes e inovação dos processos de medição.	8	10
Gestão de topo VW AE	Cooperação, avaliação e aprovação do projeto.	Garantia de qualidade dos produtos fabricados.	9	9
Volkswagen Wolfsburg	Cooperação, avaliação e aprovação do projeto.	Garantia do cumprimento de todas os requisitos para aquisição e implementação de novos equipamentos.	10	8
Departamento de Compras	Análise financeira de potenciais equipamentos a adquirir, bem como potenciais fornecedores de prestação de serviços.	Aquisição do equipamento de medição e subcontratação de serviços a um valor mais económico e dentro de todas as normas <i>standard</i> VW.	8	7
Departamento de Infraestruturas	Avaliação e aprovação do novo <i>layout</i> .	Realização de algumas obras de realocação e demolição de estações de trabalho.	8	7
Departamento de IT	Auxílio de diversas atividades do projeto.	-	4	4
Fornecedores Equipamento de Medição Ótica	Apresentação de soluções inovadoras e viáveis de medição.	Possível fornecimento do novo equipamento que se pretende adquirir	4	9
Fornecedores de serviços externos	Apresentação de cotações para atividades a desenvolver.	Fornecimento de Serviços Externos.	3	9
Direção Geral de Produção VW AE	-	Controlo dos diferentes componentes produzidos, diminuindo assim o <i>rework</i> necessário numa fase mais avançada de produção, originando uma diminuição do número de falhas detetadas.	5	8
Colaboradores de Medição	Auxílio na identificação de necessidades operacionais e especificações técnicas.	Formação numa nova tecnologia de medição.	5	7
Clientes	-	Aquisição de automóveis de qualidade.	8	3

Tal como é possível observar na Figura 4.1, o Centro de Medições é o *stakeholder* como maior interesse no projeto, a sede da VW é o *stakeholder* que apresenta um maior poder, já que é responsável pela aprovação do projeto, seguindo-se a gestão de topo da VW AE, que é responsável pela aprovação interna do projeto e ao mesmo tempo por garantir que este cumpre todas as especificações requeridas. Estes *stakeholders* estão contidos no quadrante “Gerir atentamente”, assim como o Departamento de Infraestruturas, responsável pela elaboração de obras de realocação de equipamentos a ocorrer no centro, e o Departamento de Compras, responsável pelo processo de aquisição do novo equipamento.

A Direção Geral de Produção tem um poder inferior, mas um grau de interesse semelhante uma vez que, com a aquisição do novo equipamento de medição, não só terá garantida a medição de todas as amostras necessárias dos lotes de produção, mas também o aumento do número de informações recebidas e do grau de precisão das medições realizadas. Ainda neste quadrante estão incluídos os fornecedores, tanto do novo equipamento como de outros serviços prestados e os colaboradores.

Com um menor interesse pelo projeto encontram-se identificados os Clientes, no quadrante “Manter Satisfeito”, uma vez que as suas exigências de qualidade terão de ser garantidas pela VW AE, independentemente do grau de sucesso do projeto. No entanto, é importante garantir que caso o projeto não seja concluído no prazo estipulado, não deverá interferir com o produto final entregue aos clientes, mantendo a satisfação do cliente garantida.

No quadrante “Monitorizar” foi identificado o Departamento de IT uma vez que este apenas participa no apoio a algumas das atividades do projeto.

4.1.2.2 Definição de Requisitos

Para facilitar o processo de definição de requisitos e por forma a garantir que todos são contemplados, foi efetuado um *benchmarking* com projetos semelhantes ao atual, desenvolvidos noutras empresas do grupo Volkswagen, nomeadamente, o processo de aquisição e implementação de uma célula ótica na Volkswagen Navarra. Esta análise facilitou a priorização dos requisitos base, que incluem, para além das necessidades técnicas que se pretendem para este projeto em específico, os requisitos *standards exigidos* pelo grupo Volkswagen.

Do *benchmarking* realizado resultaram os seguintes requisitos:

- O projeto deve ter viabilidade económica;
- O custo total do projeto deve cumprir o *budget* definido pela sede da Volkswagen;
- A seleção do fornecedor mais adequado deve ter em conta o cumprimento de todas as especificações presentes no caderno de encargos;
- As especificações técnicas requeridas às empresas fornecedoras devem ser controladas ao longo do projeto de acordo com o apresentado no caderno de encargos;
- Os equipamentos fornecidos devem garantir as condições de qualidade exigidas;
- A calendarização das atividades e respetivas durações devem ser rigorosamente planeadas de modo a proporcionar um projeto exequível;
- O *layout* do Centro de Medições deve facilitar o fluxo de materiais e pessoas;
- A realocação dos equipamentos já existentes deve ser realizada, se possível, no período de pausa da produção de forma a evitar possíveis paragens nas medições realizadas;
- A subcontratação de empresas fornecedoras deve garantir a qualidade;
- A formação dos colaboradores deve ser garantida pela empresa fornecedora;
- A empresa fornecedora do projeto deve apoiar e cooperar durante a fase de instalação do equipamento adquirido.

Após a identificação dos requisitos do projeto é possível elaborar a matriz *Requirements Traceability Matrix (RTM)*, Tabela II.1 e Tabela II.2, do Anexo II. A Matriz RTM estabelece a ligação entre os vários requisitos, desde o seu ponto de origem até ao término do projeto (Project Management Institute, 2013). No ponto de origem é identificada a entidade responsável pelo pedido do requisito, no ponto de término é definida não só a entidade responsável pelo controlo dos requisitos enumerados, mas também os seus critérios de aceitação.

4.1.3 Criação da *Work Breakdown Structure*

Foi criada para o projeto a sua *Work Breakdown Structure (WBS)* em estrutura de árvore. O projeto, como pode ser observado no Anexo III, encontra-se subdividido em três fases consecutivas, i) análise

e planeamento, ii) processo de aquisição e realização de obras, e iii) implementação do novo equipamento no Centro de Medições. Cada uma das fases encontra-se descrita na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Fases do Projeto

Fases do Projeto	Descrição
Análise e Planeamento	Fase inicial de identificação da necessidade, potenciais equipamentos a adquirir, alterações necessárias no departamento para alocação do novo equipamento, aprovação do projeto, elaboração do caderno de encargos e pedido de cotações a empresas externas para a realização das atividades de realocação necessárias e de preparação do Centro de Medições para a alocação do novo equipamento.
Processo de aquisição do novo equipamento e realização de obras	Processo de adjudicação do fornecedor do novo equipamento, que envolve atividades não só da responsabilidade do Centro de Medições, mas também do Departamento de Compras e de Finanças que efetuam uma forte análise financeira e de negociação com os potenciais fornecedores. Nesta fase é ainda englobado o processo de construção e aprovação da célula ótica e ainda a realização de todas as realocações necessárias, Máquina de <i>Clinching</i> 1 e 2 e Oficina e ainda obras para preparação da estação do novo equipamento de medição.
Implementação do novo equipamento no Centro de Medições	Montagem do equipamento nas instalações da VW AE, realização de testes ao equipamento e ainda formação técnica e prática aos colaboradores para realização de medições no novo equipamento e por fim aprovação final do equipamento e término do projeto.

4.1.4 Verificação e Controlo do Âmbito

A verificação e controlo do âmbito do projeto é da responsabilidade de um membro da equipa de projeto, cabendo-lhe verificar e formalmente validar as *deliverables*, apresentadas na secção 4.1.1.4. Para o efeito, é necessário um contacto permanente com a empresa fornecedora do novo equipamento, responsável pela construção do mesmo e outras empresas fornecedoras de serviços, responsáveis pela alteração de *layout* necessária à alocação do novo equipamento.

4.2 Plano de Gestão de Prazos

O Plano de Gestão de Prazos aborda não só a definição de prazos das atividades do projeto, como também a sua sequenciação, a análise do caminho crítico, e a identificação dos *milestones* do projeto e respetivos prazos.

4.2.1 Lista de Atividades

De acordo com a *WBS*, o projeto encontra-se subdividido em três fases: i) análise e planeamento, ii) processo de aquisição do novo equipamento e realização de obras, e iii) implementação do novo equipamento no Centro de Medições.

A primeira fase do projeto teve início em fevereiro de 2015, no entanto, tal como referido em 3.1.5, o planeamento apresentado foi realizado em fevereiro de 2016, após uma redução do *budget* atribuído ao projeto. Assim sendo, as datas de início e de fim, bem como a duração das atividades realizadas entre fevereiro de 2015 e fevereiro de 2016 são as reais e não as esperadas. Após fevereiro de 2016 as datas ou duração de atividades apresentadas são durações esperadas, estimadas pela equipa de projeto, obtidas com base em informações concedidas por empresas externas envolvidas no projeto e em dados históricos de projetos semelhantes do grupo VW, e no *target* definido, pela VW AE, para o início da operação do novo equipamento.

Após o processo de recolha de informação foi possível identificar e planear todas as atividades, respetivas datas de início e conclusão e identificar precedências. Estas informações encontram-se apresentadas nas Tabelas IV.1 a IV.16, Anexo IV. Nas tabelas do Anexo IV encontram-se também identificadas as atividades fictícias, que correspondem a tempos de espera entre o início das várias atividades, à indisponibilidade imediata de recursos e a tempos de espera de algumas aprovações, entre outras paragens que também ser contabilizadas no projeto, uma vez que promovem o seu atraso. Por outro lado, no projeto também foram planeadas algumas antecipações, denominadas de *Leads*, que correspondem a modificações do relacionamento lógico entre atividades e que promovem a antecipação de algumas atividades sucessoras num projeto (Project Management Institute, 2013). Algumas das antecipações são planeadas com base no *Timing Plan* fornecido pelas empresas externas, na fase inicial do projeto.

O processo de planeamento do projeto foi desenvolvido com recurso ao *software Microsoft Project*, versão de 2010, onde foram utilizados como *input* os dados apresentados no Anexo IV que, por sua vez, permitiram a elaboração do Diagrama de *Gantt*, Anexo V, em CD, onde estão identificadas, por fase, as respetivas dependências e as atividades críticas. A primeira fase do projeto tem data de início a 02/02/2016, com a atividade de referência A, na *WBS*, e término a 29/04/2016, com a atividade C.2.2, após a receção de todas as cotações necessárias, para alteração do *layout* no Centro de Medições e para aquisição do novo equipamento. A segunda fase do projeto, processo de aquisição do novo equipamento e realização de obras, tem início com a atividade com referência D e término com a atividade F.5, a 22/07/2016. A terceira e última fase do projeto, implementação do novo equipamento, com início a 22/08/2016, com a atividade G, e término aquando a conclusão do projeto, atividade I.3, a 10/10/2016, é uma das fases mais curtas do projeto, e uma das mais críticas, visto englobar todas as atividades de instalação do equipamento adquirido.

4.2.2 Restrição

O Plano de Gestão de Prazos aborda um tema crítico em gestão de projetos, o tempo. Copertari (2011) refere o tempo como um dos fatores de um projeto crucial para o seu sucesso devendo, assim, ser alvo de um planeamento e controlo cuidadoso, para que a sua conclusão ocorra no prazo estabelecido. Neste projeto o fator tempo é considerado um elemento de elevada importância sendo considerado como uma das suas restrições. Tal como referido, na secção 3.1.5.1, é importante que o projeto esteja concluído antes do início produção do novo modelo de automóvel a ser lançado no próximo ano, sendo por isso necessário que o equipamento de medição se encontre operacional na semana quarenta de 2016.

4.2.3 Análise da Calendarização

Com o objetivo de ajustar o calendário do projeto é necessário ter em conta o número de turnos e o horário de trabalho estabelecidos pela VW AE para o projeto, bem como os períodos de *down days* e *shut down* transversais à fábrica e que afetam diretamente o projeto. Os períodos de pausa estão identificados na Figura 4.2.

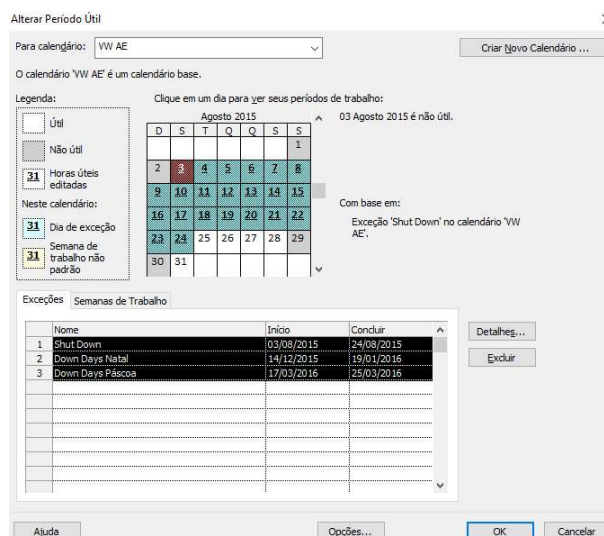


Figura 4.2 - Períodos de pausa VW AE

Note-se que não é excluído o *shut down* (período de férias) de agosto de 2016, uma vez que, apesar da alocação de recursos ser substancialmente inferior, como será verificado no plano de gestão de recursos, as atividades do projeto irão continuar a decorrer durante este período.

Após o planeamento das atividades, e contemplados os períodos de pausa do projeto, é possível observar que o projeto está planeado de acordo com os objetivos definidos, com a data de conclusão na semana 40 de 2016 e, assim, com uma duração esperada de 392 dias. Na Tabela 4.3 são identificadas, para cada uma das fases, a sua data de início e de fim previstas e respetiva duração.

Tabela 4.3 - Calendarização Fases do projeto

Nº	Fases	Data de Início prevista	Data de Fim Prevista	Duração Esperada (semanas)
1	Análise e Planeamento	02/02/2015	29/04/2016	46
2	Processo de aquisição e realização de obras	19/02/2016	21/07/2016	26
3	Implementação do novo equipamento no Centro de Medições	22/08//2016	10/10/2016	7

Assim, comprova-se que a fase de maior duração do projeto é a fase inicial de planeamento de todas as atividades e de pedidos de cotação para a execução das diferentes atividades do projeto.

4.2.4 Análise Caminho Crítico

Recorrendo ao *software Microsoft Project*, versão de 2010, e tendo em consideração as atividades desenvolvidas e respetiva duração, é possível estabelecer o caminho crítico do projeto. No entanto, e como no projeto existe mais do que um caminho crítico, no Anexo IV podem ser identificadas todas as atividades críticas do projeto, sendo que na Tabela 4.4 e na Tabela 4.5 se encontram representadas apenas as atividades do caminho crítico selecionado e respetiva duração esperada.

Tabela 4.4 - Caminho Crítico – Parte I

Ref.	Descrição	Duração Esperada (dias)
A.1.1	Recolha de informação relativa a peças e subconjuntos atualmente medidos no departamento.	15
Fictícia 2	Períodos de Paragem definidos pela Equipa. Sem Alocação de Recursos	17
A.1.3	Verificação TQS para obtenção de informação referente às frequências de medição.	8
A.1.4	Realização dos cálculos de taxa de ocupação atual dos equipamentos de medição.	10
A.2.1	Verificação das novas peças e subconjuntos do novo modelo a produzir em Palmela e outros modelos do grupo VW.	5
Fictícia 3	Períodos de Paragem definidos pela Equipa. Sem Alocação de Recursos	5
A.2.3	Verificação TQS para obtenção de informação referente às frequências de medição.	4
Fictícia 4	Períodos de Paragem definidos pela Equipa. Sem Alocação de Recursos	1
A.2.4	Realização dos cálculos de taxa de ocupação dos equipamentos na fase de lançamento do novo modelo e numa fase "on-going".	10
A.3.1	<i>Benchmarking</i> com outras fábricas do grupo VW.	20
A.3.2	Identificação de potenciais equipamentos.	10
A.4.1	Identificação do <i>Manpower</i> necessário.	24
Fictícia 5	Períodos de Paragem definidos pela Equipa. Sem Alocação de Recursos	1
A.5	Verificação dos estudos de capacidade realizados e submissão do projeto para aprovação.	10
Fictícia 6	Períodos de Paragem definidos pela Equipa. Sem Alocação de Recursos	5
A.6.1	Previsão de Custos na Alemanha.	20
A.6.2	Revisão dos estudos de capacidade realizados e definição do budget para o projeto, na Alemanha.	14
Fictícia 7	Períodos de Paragem definidos pela Equipa. Sem Alocação de Recursos	1
B.1.1.1	Levantamento de informações relativas à capacidade de medição.	30
Fictícia 8	Períodos de Paragem definidos pela Equipa. Sem Alocação de Recursos	8
B.2	Envio <i>PIR (Purchase Information Request)</i> .	5
B.3.1	Estabelecimento do prazo para envio das cotações.	3
B.3.2	Envio do caderno de encargos para potenciais fornecedores.	2
Fictícia 10	Períodos de Paragem definidos pela Equipa. Sem Alocação de Recursos	3
B.4.2	Reunião com GOM.	1
Fictícia 14	Períodos de Paragem definidos pela Equipa. Sem Alocação de Recursos	1
D.2.1.1	Documentos técnicos.	10
D.3	Análise financeira das propostas recebidas dos fornecedores da célula ótica.	8

A Tabela 4.6 apresenta a percentagem de atividades críticas, por fase, que influenciam diretamente o projeto. Na terceira e última fase, que corresponde à implementação do novo equipamento no Centro de Medições, todas as atividades que a constituem são críticas, tendo assim a equipa de projeto de controlar não só nas atividades da sua responsabilidade, mas sobretudo nas atividades dependentes de empresas externas à VW AE que apresentam um forte impacto na última fase do projeto de implementação do novo equipamento no Centro de Medições.

Tabela 4.5 - Caminho Crítico Parte II

Ref.	Descrição	Duração Esperada (dias)
D.4	Negociação.	4
D.5	Adjudicação do Fornecedor.	2
D.6	Elaboração da PR.	1
D.7	Aprovação final do projeto na Alemanha	3
D.8	Elaboração da PO.	1
D.9	Avaliação do local para instalação da célula.	1
E.1	Aprovação do Conceito da célula ótica.	1
E.4	Construção da célula ótica.	87
Fictícia 16	Períodos de Paragem definidos pela Equipa. Sem Alocação de Recursos	1
E.6	Aprovação da célula ótica (na instalação do fornecedor)	1
Fictícia 52	Períodos de Paragem definidos pela Equipa. Sem Alocação de Recursos	3
G.1	Transporte da célula ótica das instalações do fornecedor para a VW AE.	4
G.2	Receção / chegada da célula ótica ao departamento.	1
G.3	Montagem célula ótica.	10
H.1	Realização de testes à célula ótica e aprovação.	10
I.1	Formação técnica.	5
I.2	Formação prática.	5

Tabela 4.6 - Percentagem de atividades críticas por fase

Fases do Projeto	Percentagem de atividades críticas (nº de atividades críticas/ nº total de atividades)
Análise e Planeamento	48%
Processo de aquisição e realização de obras	18%
Implementação do novo equipamento no Centro de Medições	100%

De acordo com a técnica *CPM*, análise do Caminho Crítico, a duração esperada do projeto é obtida através da soma da duração esperada das atividades do caminho crítico, o que perfaz um total de 392 dias, desde o seu início, em fevereiro de 2015.

4.2.5 Análise de Folgas

Segundo o *Project Management Institute* (2013) existem 2 tipos de folgas associadas a cada uma das atividades do projeto, folga livre e folga total. A folga livre é definida pelo tempo permitido para o atraso de uma atividade sem comprometer a data de início mais cedo de qualquer das atividades sucessoras. A folga total é definida pelo tempo de atraso permitido sem que seja atrasada a data de conclusão do projeto. No projeto em estudo, de forma a facilitar a análise das folgas existentes, recorrendo ao *software Microsoft Project*, foram determinadas a folga livre e total de todas as atividades e que podem ser observadas nas tabelas do Anexo IV. A análise de folgas permite que o gestor de projeto identifique quais as atividades com uma maior flexibilidade, informação que poderá ser útil para gerir a calendarização do projeto ao longo da sua execução. Assim, a atividade com referência C.1.2.2 (Pedido de cotação para realocação da oficina e desmantelamento da sala VIKO), do grupo de atividades de avaliação das possíveis alterações de *layout* do Centro de Medições, é a que possui uma maior folga total e uma maior folga livre, apresentado ambas uma folga de 169 dias.

As outras atividades que apresentam uma folga livre mais elevada, são as atividades com a referência C.2.2.1; C.2.2.2 e E.5, sendo as duas primeiras atividades referentes respectivamente à recepção das cotações de equipamentos complementares à célula ótica e à definição do “*KIOSK Mode*”. Ambas as atividades têm 116 dias de folga total e livre. Estas atividades apresentam um valor de folga elevado, uma vez que as suas atividades sucessoras são atividades que poderão ser realizadas posteriormente, existindo assim alguma flexibilidade na realização destas atividades, não colocando em causa o desempenho do projeto, caso ocorra um atraso na sua execução. Na Tabela 4.7, podem ser observadas as percentagens, por fases do projeto, de atividades que apresentam alguma folga associada para a sua conclusão, verificando-se mais uma vez que a terceira fase do projeto é uma fase crítica do projeto, cujas atividades não apresentam qualquer folga.

Tabela 4.7 – Folga Livre e Total por Fase do Projeto

Fases do Projeto	Folga livre	Folga total
1	18%	52%
2	11%	82%
3	0%	0%

Na Tabela 4.8 é possível verificar a percentagem de atividades em cada uma das fases do projeto onde existe folga livre 0 e folga total 0. As atividades que não apresentem flexibilidade na sua realização, como o caso das atividades que apresentam valor de folga 0, são de elevada importância para o sucesso do projeto em termos de prazos. Assim, cabe à equipa de projeto o controlo de todos os processos inerentes à sua concretização. A percentagem de atividades de folga total 0 é a das atividades críticas, uma vez que todas as atividades com folga total 0 são consideradas atividades críticas do projeto. Para além desta informação é também indicada a percentagem de atividades em cada uma das fases com folga livre igual a 0. O atraso na conclusão das atividades não influencia diretamente o projeto, afeta a atividade que lhe é imediatamente sucessora. À semelhança da Tabela 4.7, mais uma vez se verifica a criticidade da Fase 3.

Tabela 4.8 - Folgas 0 por Fase do Projeto

Fases do Projeto	Folga livre 0	Folga total 0
Fase 1	82,1%	48,2%
Fase 2	88,8%	18,1%
Fase 3	100,0%	100,0%

4.2.6 Identificação de *Milestones*

De forma a auxiliar o controlo do projeto ao longo da sua execução, são definidos *milestones*, identificados na Tabela 4.9. Para cada *milestone* é identificada a sua descrição e a data na qual deve ser entregue, ao responsável pelo projeto, um comprovativo de que as atividades foram concluídas.

Tabela 4.9 - Lista de Milestones

Nº	Milestones	Descrição	Data
1	Identificação da necessidade de compra	Após a realização de estudos de capacidade é definida a necessidade de aquisição de um novo equipamento e qual a capacidade e as especificações técnicas que este terá de apresentar.	04/09/2015
2	Aprovação do projeto	Aprovação do projeto na sede da VW em Wolfsburg.	29/10/2015
3	Seleção do novo <i>layout</i> do Centro de Medições	Identificação de todas as alterações necessárias no departamento para alocação do novo equipamento de medição ótica.	11/12/2015
4	Envio do Caderno de Encargos	Envio do Caderno de Encargos com indicação de todas as especificações pretendidas para o novo equipamento a adquirir.	11/02/2016
5	Seleção do fornecedor do novo equipamento	Análise técnica e financeira das várias cotações recebidas e seleção do fornecedor.	04/04/2016
6	Seleção dos fornecedores de prestação de serviços	Seleção de todos os fornecedores de prestação de serviços necessários para realocação de equipamento e realização de obras no Centro de Medições.	09/06/2016
7	Obras de preparação para alocação do novo equipamento e realocação de equipamentos já existentes	Finalização de todas as obras no Centro de Medições.	22/07/2016
8	Implementação do novo equipamento e realização de testes	Chegada a fábrica do equipamento de medição e montagem do mesmo na estação de trabalho criada para o mesmo.	16/09/2016
9	Fim do projeto	-	07/10/2016

4.3 Plano de Gestão de Recursos Humanos

No Plano de Gestão de Recursos Humanos são identificados não só os recursos internos da VW AE necessários, mas também recursos externos à empresa como, por exemplo, empresas de serviços externos e de fornecimento de equipamentos e, ainda, outros recursos do grupo VW na sede do grupo, em Wolfsburg, Alemanha.

4.3.1 Recursos Internos a Envolver

Os recursos internos a envolver são essencialmente constituídos pela equipa responsável por novos projetos do Centro de Medições. Será, ainda, necessária a colaboração de outros recursos, como técnicos de análise financeira e de compras do Departamento de Compras, operadores de medição para obtenção de formação na nova tecnologia de medição a ser implementada e outros recursos de auxílio e controlo de várias atividades, como o Departamento de Infraestruturas. Assim, é possível definir a equipa diretamente envolvida no projeto, constituída por 31 colaboradores, apresentada na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 - Recursos internos diretamente envolvidos no projeto

Nome	Cargo
Recurso A	Diretor Geral Volkswagen Autoeuropa
Recurso B	Diretor do Departamento de Qualidade
Recurso C	Diretor de Análise e Planeamento da Qualidade
Recurso D	Diretor do Centro de Medições <i>Masterbuck e Cubing</i>
Recurso E	Técnica CAD, e Novos Projetos
Recurso F	<i>Trainee</i>
Recurso G	Técnico de Análise de Medições
Recurso H	Técnico CMM
Recurso I	Técnico de Compras
Recurso J	Programador <i>Offline</i>
Recurso K	Programador <i>Offline</i>
Recurso L	Operador Medição
Recurso M	Estagiário
Recurso N	Estagiária
Operadores Centro de Medições	3 Operadores de Medição
Departamento Infraestruturas	10 Operadores do Departamento
Departamento IT	2 Operadores do Departamento
Departamento de Logística	2 Operadores Logísticos

Para execução do plano de gestão de recursos humanos foi elaborado um organigrama com todos os recursos envolvidos, de forma a facilitar a atribuição de responsabilidades ao longo do projeto, Figura 4.3.

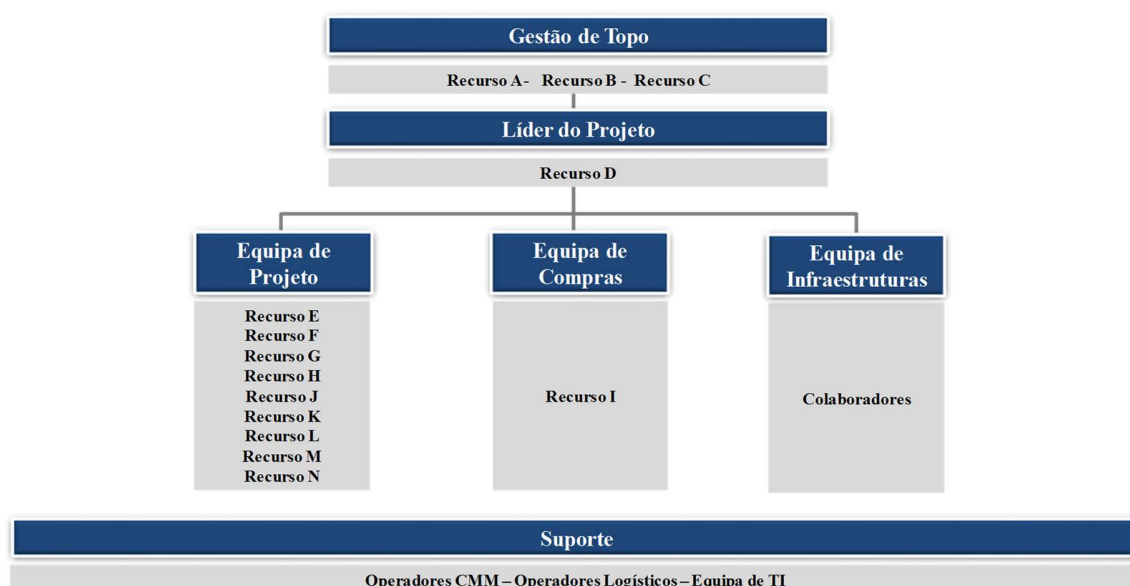


Figura 4.3 - Organigrama do Projeto

4.3.1.1 Ocupação de Recursos internos

Tendo em conta as responsabilidades de cada um dos recursos envolvidos no projeto e o tempo despendido em cada uma das atividades da *WBS* foi elaborado um histograma, Figura 4.4, que ilustra a ocupação dos recursos envolvidos ao longo do projeto, através da identificação do número de horas de trabalho despendidas por cada um durante os meses de planeamento e desenvolvimento do projeto.

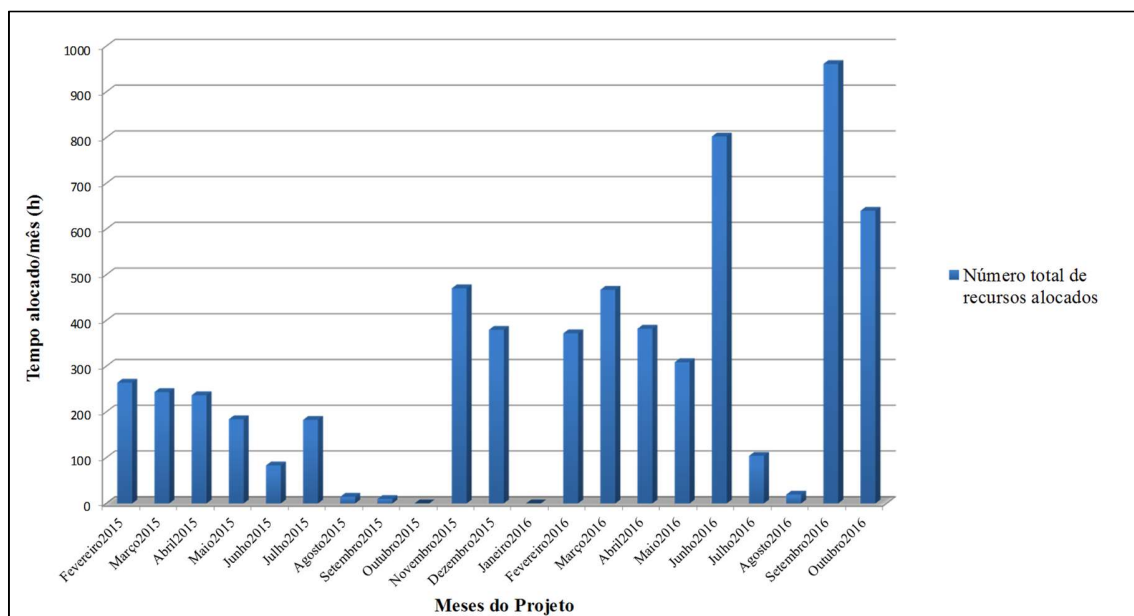


Figura 4.4 - Horas ocupadas pelo total dos recursos internos alocados ao projeto

A análise da Figura 4.4 permite concluir que o número de recursos internos alocados ao projeto é muito reduzido ou até mesmo nulo, em cinco dos meses do projeto, mais concretamente, de agosto a outubro de 2015, em janeiro de 2016 e em agosto de 2016. Os meses de agosto de 2015 e 2016, e o mês de janeiro de 2016 correspondem a períodos de férias coletivas, nos quais a fábrica de Palmela encerra a sua atividade. De setembro a outubro de 2015 a equipa aguardava que fossem tomadas decisões superiores sobre a continuidade do projeto, daí também não serem meses críticos de alocação de recursos.

Relativamente aos períodos de pico destacam-se os meses, junho de 2016 e setembro outubro de 2016. O mês de junho de 2016 corresponde ao momento em que o Departamento de Infraestruturas da VW AE realiza grande parte das obras de alteração do *layout*. Os meses de setembro e outubro de 2016 correspondem ao período de testes ao equipamento de medição adquirido e ao período de formação dos colaboradores. Para efetuar uma análise mais pormenorizada à alocação dos recursos ao longo do projeto, podem ser consultadas a Figura VI.1, Figura VI.2 e Figura VI.3, Anexo VI, onde se encontram ilustrados os recursos alocados em cada uma das fases. Na primeira fase, é possível verificar que esta é a que apresenta uma maior duração esperada, não só pela alteração de *budget* registada no final do ano 2015, que exigiu um prolongamento desta fase de forma a responder às alterações efetuadas. Pode então ser verificado que os meses mais críticos, onde foi exigido uma maior alocação de recursos, foram a fase inicial, de identificação da necessidade de aquisição de um novo equipamento, e os meses finais de 2015, onde algumas das alterações necessárias ao projeto já estavam a ser planeadas e preparadas pela equipa de projeto. Na Fase II do projeto, o Centro de Medições sofrerá todas as alterações de *layout* necessárias para alocação do novo equipamento pelo que nesta fase é apresentado um pico de alocação de recursos em junho de 2016, Figura VI.2. Em agosto de 2016, apesar de ocorrerem várias atividades na VW AE, essas são inteiramente assumidas pela empresa fornecedora do equipamento adquirido. A fase final de implementação do novo equipamento, Figura VI.3, ocorre durante os meses de setembro e outubro de 2016, onde os recursos internos serão alocados a atividades de controlo e testes ao novo equipamento, e a formações técnicas e práticas de forma a preparar os colaboradores para utilização do novo equipamento de medição.

4.3.2 Recursos Externos a Serem Envolvidos

Para execução de algumas atividades é necessário recorrer à subcontratação de serviços externos uma vez que a empresa não apresenta recursos com as competências técnicas necessárias para a sua realização. Isto implica que sejam realizados processos de seleção de fornecedores, nomeadamente para a realocação de equipamentos de medição já existentes, para o novo equipamento de medição ótica e para outros equipamentos auxiliares a essa nova estação de trabalho.

Para seleção do fornecedor do novo equipamento de medição ótica foi aberto um concurso público onde três empresas apresentaram as suas propostas, Empresa A, Empresa B e Empresa C. Após análise técnica e financeira foi selecionada a Empresa B que será responsável pela construção da célula, e passará assim a ser considerada, neste documento, o Recurso Externo A. Na Tabela 4.11 são apresentadas as empresas de prestação de serviços selecionadas para a realização das realocações necessárias no Centro de Medições e para aquisição de equipamentos complementares ao equipamento de medição ótica, sendo da responsabilidade da equipa de projeto o controlo das atividades realizadas por estas entidades.

Tabela 4.11 - Empresas Subcontratadas

Atividades	Fornecedor Externo
Realocação das Máquinas de <i>Clinching</i>	Recurso Externo B
Sistema de Fixação da <i>Sandwichplate</i>	Recurso Externo C
<i>Sandwichplate</i>	Recurso Externo D

No projeto estão ainda envolvidos outros recursos externos à VW AE, nomeadamente a gestão de topo do grupo que se encontra em Wolfsburg, para aprovação e verificação de todo o projeto e definição do *budget*.

4.3.2.1 Ocupação de Recursos Externos

Analogamente ao que foi apresentado no histograma da Figura 4.4 é apresentada, na Figura 4.5, a previsão de horas que a equipa de projeto previu de utilização de recursos externos durante o período do projeto.

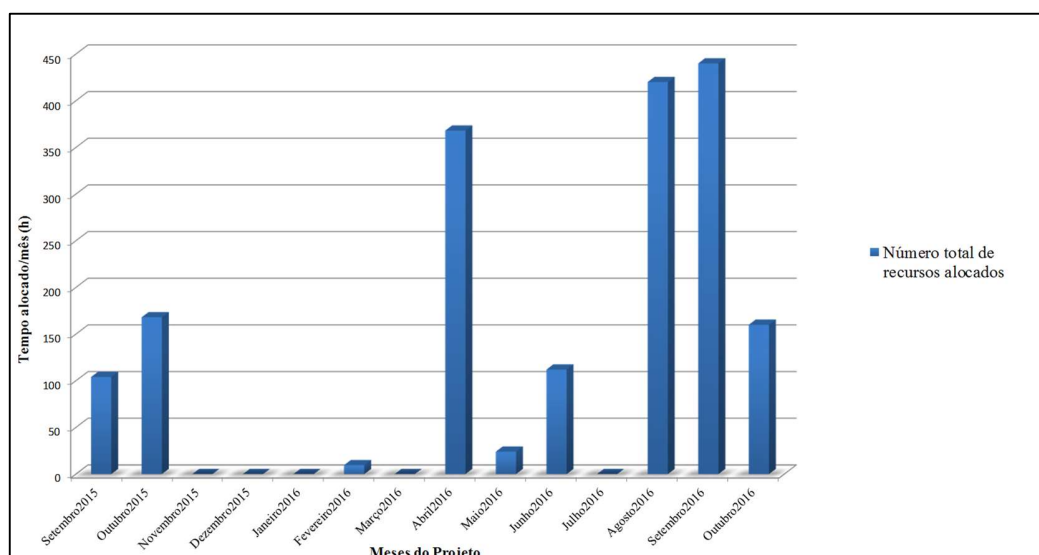


Figura 4.5 - Horas ocupadas pelo total dos recursos externos alocados ao projeto

Durante os meses de setembro e outubro de 2015, a VW AE solicitou à sua sede, em Wolfsburg, na Alemanha, a aprovação para a aquisição de um novo equipamento para o Centro de Medições, apresentando os estudos de capacidade realizados pela VW AE e uma previsão de potenciais custos do projeto.

Como é possível observar através do histograma, Figura 4.5, a subcontratação de serviços externos apenas é realizada após o processo de compra do novo equipamento de medição ótica à empresa fornecedora, Recurso Externo A. No entanto, e anteriormente a este ponto, existe alocação de recursos do Recurso Externo A durante o processo de esclarecimento de questões relativas às especificações necessárias que a empresa pretende obter com a nova aquisição.

Por último, é de notar que, caso ocorra incumprimento de prazos, é ainda possível a alocar recursos extra, sendo estimado para cada uma das atividades do projeto, a alocação de mais um recurso. O número de recursos alocados às várias atividades e o número máximo de recursos que podem ser alocados encontram-se identificados no Anexo IV, nas Tabelas IV.1 a IV.16.

4.4 Plano de Gestão de Custos

O Plano de Gestão de Custos detalhado na presente secção apresenta os principais custos inerentes ao projeto, tanto ao nível de recursos humanos internos e externos, mas também com a aquisição de material.

4.4.1 Custos com Recursos Humanos

No planeamento apresentado foi identificado primeiramente o custo por hora com os recursos envolvidos no projeto, sendo que estes se encontram subdivididos em três categorias, Especialistas, Técnicos e Estagiários. Na Tabela 4.12 são apresentadas as respetivas remunerações estimadas de cada uma das categorias mencionadas.

Tabela 4.12 - Custo/hora por categoria

Categoria	Custo/hora (UM)
Especialistas	34,50
Técnicos	28,50
Estagiários	14,25

Com base na alocação de horas, definidas no Plano de Gestão de Recursos, é ilustrado na Figura 4.6 o custo com recursos humanos no decorrer do projeto, sendo que este apresenta um total de 13 946,92 UM.

Analisando a Figura 4.6 é possível verificar que os períodos críticos de custos com recursos humanos nem sempre coincidem com os picos de alocação de recursos apresentados no plano de gestão de recursos. Este acontecimento deve-se ao facto de, como apresentado na Tabela 4.12, os recursos alocados ao projeto não apresentarem o mesmo custo/hora e, ainda, pelo facto dos custos com recursos do Departamento de Infraestruturas e IT não serem contemplados neste tópico, mas sim nos custos com serviços prestados por estes departamentos ao Centro de Medições. O período apresentado com um custo superior foi registado em setembro de 2016, devido à formação e à realização de testes ao novo equipamento, para a sua aprovação nas instalações da VW AE.

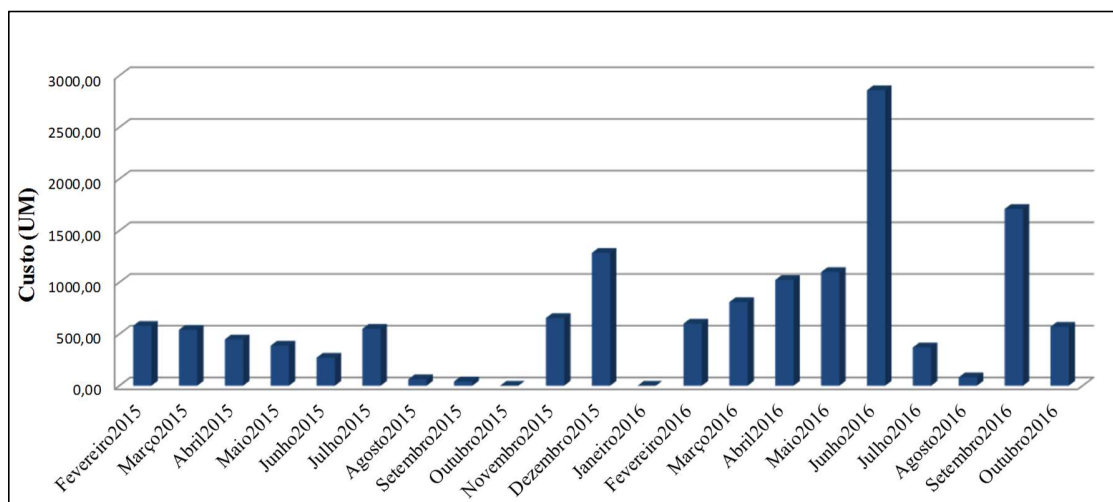


Figura 4.6 - Custos com Recursos Humanos

4.4.2 Custos com Aquisição de Equipamentos

No projeto é considerada a aquisição de quatro equipamentos, o equipamento de medição ótica, que é o *core* do projeto, dois equipamentos complementares ao equipamento de medição ótica, que serão essenciais no processo de medição na nova estação de trabalho que será criada e onde será implementado o novo equipamento, e a aquisição de um novo equipamento para a Sala VIKO (vídeo conferência), que se encontra associada a este projeto, uma vez que é uma das atividades inerentes às atividades de alteração de *layout* necessárias no departamento.

Tabela 4.13 - Custos com aquisição de equipamentos

Equipamento	Fornecedor	Custo (UM)
Equipamento de Medição ótica (célula ótica)	Recurso Externo A	575 132,00
Novo equipamento VIKO	Fornecedor do Departamento TI	111 411,30
Sistema de Fixação <i>Sandwicheplatte</i>	Recurso Externo C	96 900,00
<i>Sandwicheplatte</i>	Recurso Externo D	7 300,00

O custo da aquisição destes de equipamentos perfaz um total de 790.743,30 UM.

4.4.3 Custos com Serviços Externos

Os custos do projeto contemplam, ainda, os custos com serviços da responsabilidade de outros departamentos da VW AE subcontratados pelo Centro de Medições, e os custos com serviços subcontratados a entidades externas à empresa, Tabela 4.14.

Tabela 4.14 - Custos com subcontratação de serviços

Atividades	Fornecedor	Custo (UM)
Realocação de Máquinas existentes	Recurso Externo B	22 800,00
Guincho (Máquina de <i>Clinching</i> 1)	Departamento de Infraestruturas	11 480,00
Energia (Máquinas de <i>Clinching</i>)	Departamento de Infraestruturas	1 297,00
Ar comprimido (Máquinas de <i>Clinching</i>)	Departamento de Infraestruturas	1 503,00
Realocação da Oficina e Desmantelamento da Sala VIKO	Departamento de Infraestruturas	13 200,00
Testes ao Solo	Departamento de Infraestruturas	200,00
Alterações da Viga Carrileira	Departamento de Infraestruturas	15 000,00
Deslocação do ar comprimido	Departamento de Infraestruturas	4 000,00
Colocação de tomadas trifásicas (célula ótica)	Departamento de Infraestruturas	1 500,00
Remoção do portão	Departamento de Infraestruturas	10 000,00
Bloco de Fundações	Departamento de Infraestruturas	14 000,00

4.5 Plano de Gestão da Qualidade

O Plano de Gestão da Qualidade inclui os critérios de aceitação e os processos de verificação dos pontos-chave do projeto, nomeadamente, a definição do novo *layout*, a seleção de empresas subcontratadas, a aquisição do novo equipamento de medição e a formação dos colaboradores.

4.5.1 Critério de Aceitação e Processos de Verificação

De forma a facilitar o processo de controlo, na Tabela 4.15 são enumerados os critérios de aceitação e o respetivo processo de verificação.

Tabela 4.15 - Critérios de Aceitação e Processos de verificação dos pontos-chave – Parte I

	Critérios de Aceitação	Processos de verificação
Novo <i>layout</i> do departamento	-Fácil movimentação de materiais e pessoas no Centro; -Condições de segurança (temperatura, vibração, energia) garantidas no local onde será alocado o novo equipamento e realocado os equipamentos já existentes no departamento. -Proximidade ao portão de entrada e saída de peças, da área de medição de peças simples e subconjunto (área de movimentações mais crítica)	-Aprovação por parte do Departamento de Infraestruturas do novo <i>layout</i> ; -Destacamento de um dos elementos da equipa de projeto para verificação e controlo de todos os trabalhos realizados
Seleção de empresas subcontratadas	-Avaliação do desempenho dos fornecedores em serviços anteriormente prestados à VW AE; -Análise de todos os componentes técnicos das cotações recebidas, anteriormente ao processo de análise financeira, dando especial importância à qualidade produto ou serviços prestados	-Pedido de diferentes cotações a potenciais fornecedores; -Reuniões de esclarecimento das cotações de forma a garantir que todas as necessidades serão cumpridas
Aquisição de um novo equipamento de medição	-Elaboração de um caderno de encargos com todas as especificações técnicas e <i>standard</i> Volkswagen exigidas ao fornecedor; - <i>Benchmarking</i> com empresas do Grupo VW de forma a garantir que todas as necessidades são requeridas	-Verificação de todas as atividades pela equipa de projeto; -Necessário dar um “OK” técnico do fornecedor selecionado; -Reuniões mensais com o fornecedor
Formação dos colaboradores	-Formação técnica e prática, aos operadores	-Verificação dos objetivos e plano da formação

4.6 Plano de Gestão do Risco

No Plano de Gestão do Risco são identificados e avaliados os riscos do projeto, e elaborados planos de mitigação e ações de contingência, de forma a diminuir a probabilidade de ocorrência e o seu impacto no projeto.

4.6.1 Identificação dos Riscos

Através de um *brainstorming* realizado entre a equipa de projeto e da recolha de informação de outros projetos já realizados no grupo VW foi possível a identificação de riscos, categorias e potenciais causas, apresentadas no *Project Risk Register: Riscos e Causas Potenciais*, Tabela 4.16. (Project Management Institute, 2013).

Tabela 4.16 - *Project Risk Register: Riscos e Causas Potenciais*

Categoria do Risco	Risco	Causas	Nº do Risco
Âmbito do Projeto	Incumprimento dos objetivos do projeto		
Âmbito do Projeto	Equipamento desadequado	Erro na seleção do equipamento	R.1.1
Âmbito do Projeto	Capacidade de medição insuficiente	Erro na seleção do equipamento	R.1.2
Âmbito do Projeto	Aquisição de um equipamento de medição pouco inovador	Erro na seleção do equipamento	R.1.3
Económico-financeiro	Incumprimento de custos	Erro na definição dos entregáveis e requisitos dos trabalhos a realizar pelas empresas subcontratadas de fornecimento de material e de serviços	R.2
Empresas externas	Contratos		R.3
Empresas externas	Dificuldades na Negociação	Multiplicidade de interesses	R.3.1
Empresas externas	Material danificado	Erros na seleção de fornecedores	R.4
Empresas externas	Material incorreto	Erros na seleção de fornecedores	R.5
Empresas externas	Atraso no fornecimento de material	Incerteza do tempo de construção do equipamento requerido e incerteza do tempo de transporte	R.6
Empresas externas	Não cumprimento das especificações requeridas	Erro na seleção dos fornecedores	R.7
Calendarização	Incumprimento de prazos	Incerteza no tempo de construção dos equipamentos e serviços prestados por empresas subcontratadas	R.8
Recursos Humanos	Problemas de Comunicação	Meios de comunicação ineficientes	R.9
Recursos Humanos	Formação técnica insuficiente	Erros na definição dos objetivos da formação	R.10
Recursos Humanos	Insuficiência de Recursos		R.11
Recursos Humanos	Aquisição de Recursos Extra	Erros no planeamento inicial de recursos humanos	R.11.1

Com base nos riscos anteriormente identificados foi realizada a *Risk Breakdown Structure (RBS)*, onde se encontram representados os riscos de forma hierárquica pelas várias categorias de risco identificadas (PMBOK, 2012). A *RBS*, Figura 4.7, apresenta os vários riscos subdivididos por 5 categorias, Âmbito do Projeto, Económico-Financeiro, Empresas Externas, Calendarização, e Recursos Humanos.

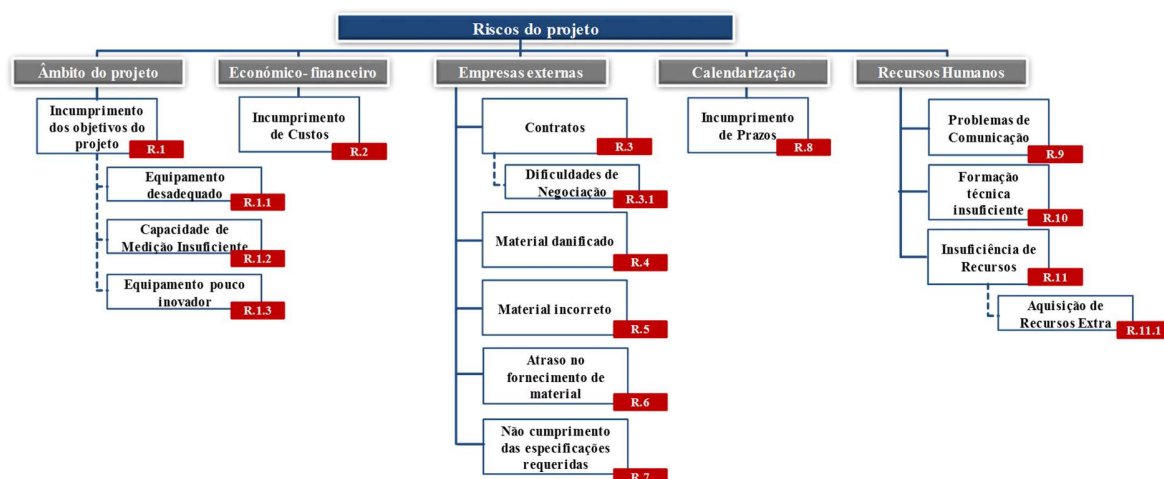


Figura 4.7 - Risk Breakdown Structure

4.6.2 Avaliação dos Riscos

Após a identificação de todos os riscos, a equipa de projeto realizou um *brainstorming* de modo a atribuir um valor numérico para a sua probabilidade de ocorrência e para o seu impacto, em termos de custos, prazos, âmbito e qualidade.

4.6.2.1 Probabilidade de Ocorrência

A escala utilizada para avaliação da probabilidade de ocorrência foi efetuada com base numa das escalas possíveis, sugerida por Miguel (2013) e apresentada na Tabela 4.17.

Tabela 4.17 - Escala de probabilidade de ocorrência de um dado risco

Muito Baixa	Baixa	Moderado	Elevado	Muito elevado
10%	30%	50%	70%	90%

A Tabela 4.18 apresenta a probabilidade de ocorrência de cada um dos riscos identificados. Note-se que, o risco sete e o risco oito, respeitantes ao não cumprimento das especificações negociadas e ao incumprimento de prazos, respetivamente, são os riscos que apresentam a probabilidade de ocorrência mais elevada.

Tabela 4.18 - Probabilidade de ocorrência de cada risco

Risco	R.1.1	R.1.2	R.1.3	R.2	R.3.1	R.4	R.5	R.6	R.7	R.8	R.9	R.10	R.11.1
Probabilidade de Ocorrência (%)	10	10	10	50	50	10	10	50	70	70	30	50	50

4.6.2.2 Escala de Impacto

O impacto que os riscos poderão causar no projeto centram-se principalmente em quatro áreas: custo, prazo, âmbito e qualidade. Na Tabela 4.19 é apresentado o impacto de cada um dos riscos nas quatro áreas identificadas. De notar que a escala de impacto utilizada é a mesma que foi apresentada para quantificação da probabilidade de ocorrência, Tabela 4.20.

Tabela 4.19 - Quantificação do impacto por área

	Muito Baixo 10%	Baixo 30%	Moderado 50%	Elevado 70%	Muito elevado 90%
Custo	R.4; R.5; R.7; R.9	R.1.3	R.6; R.8; R.10	R.1.2; R.3.1; R.11.1	R.1.1; R.2
Prazos	R.2; R.11.1	R.1.1; R.1.2; R.1.3; R.10	R.3.1; R.9	R.4; R.5; R.6; R.7	R.8
Âmbito	R.3.1; R.9; R.11.1	R.2, R.4	R.10	R.5; R.6; R.7; R.8	R.1.1; R.1.2; R.1.3
Qualidade	R.2; R.3.1; R.8; R.9; R.11.1	R.1.2; R.6	R.1.3; R.10	R.1.1	R.4; R.5; R.7

Para atribuir a pontuação final de impacto de cada risco no projeto foram selecionados os impactos máximos de cada risco nas diferentes áreas. Os resultados são apresentados na Tabela 4.20 e devem ser alvo de especial atenção no planeamento e controlo de todo o projeto.

Tabela 4.20 - Pontuação total do impacto de cada risco

Risco	R.1. 1	R.1. 2	R.1. 3	R.2	R.3. 1	R.4	R.5	R.6	R.7	R.8	R.9	R.1 0	R.1 1.1
Probabili- dade de Ocorrência (%)	90	90	50	90	70	90	90	70	90	90	50	50	70

4.6.2.3 Matriz Probabilidade e Impacto

A avaliação da importância de cada risco, de acordo com a respetiva classificação de probabilidade de ocorrência e impacto, pode ser feita através de uma matriz de probabilidade e impacto, Figura 4.8. A equipa de projeto definiu as combinações de probabilidade e impacto que resultam na classificação de “risco elevado” (zona vermelha), “risco moderado” (zona amarela), e “risco baixo” (zona verde).

Os riscos que na matriz de probabilidade de ocorrência e impacto se encontram na zona vermelha (R.2; R.7; R.8; R.11.1), são considerados como “elevados”, pelo que devem ser elaborados planos de prevenção de modo a evitar o impacto que estes podem significar no projeto, e elaborados planos de ações de contingência de forma a diminuir a probabilidade da sua ocorrência. Os riscos na zona amarela (R.1.1; R.1.2; R.3.1; R.4; R.5; R.6; R.9; R.10) são riscos “moderados”, no entanto devem ser alvo de grande atenção, para evitar o seu impacto. Assim, devem ser elaborados planos de mitigação de forma a reduzir o risco de ocorrência e planos de contingência para o caso do dano se verificar. Na zona verde apenas se encontra representado um risco (R.1.3) que é considerado insignificante, pelo que deve ser apenas observado e monitorizado, não sendo necessário a realização de nenhum plano de reação.

Probabilidade de ocorrência	90% Muito Elevado					
	70% Elevado				R.11.1	R.8
	50% Moderado		R.9	R.10	R.3.1; R.6	R.2; R.7
	30% Baixo					
	10% Muito Baixo			R.1.3		R.1.1; R.1.2; R.4; R.5
		10% Muito Baixo	30% Baixo	50% Moderado	70% Elevado	90% Muito Elevado
Impacto						

Figura 4.8 - Matriz de Probabilidade e Impacto

4.6.3 Estratégia de Prevenção do Risco

Na Tabela 4.21 são apresentados as estratégias de prevenção e os planos de contingência e os respectivos responsáveis, para os riscos classificados como “elevados” na matriz apresentada na Figura 4.8.

Tabela 4.21 - Estratégias e planos de contingência de riscos “elevados” (zona vermelha)

Código	Risco	Causa	Estratégia de Prevenção	Ações de Contingência	Responsável
R.2	Incumprimento de custos	Erro na definição dos entregáveis e requisitos dos trabalhos a realizar pelas empresas subcontratadas para fornecimento de material e serviços.	Atenção redobrada na definição do âmbito dos trabalhos e equipamentos contratualizados, garantindo que estes contemplam qualquer imprevisto e o que o mesmo não terá de ser suportado pela empresa.	Reduzir o número de atividades do projeto e do número de recursos alocados.	Equipa de Projeto
R.7	Não cumprimento das especificações requeridas	Erros na seleção do fornecedor	Aplicar penalizações aos fornecedores e responsabilizá-los pelos danos causados	Seleção de um fornecedor alternativo	Equipa de Projeto
R.8	Incumprimento de prazos	Incerteza quanto ao tempo de construção dos equipamentos e serviços prestados por empresas subcontratadas.	Aplicar penalizações aos fornecedores pelo número de dias de atraso.	Alocação de recursos extra	Equipa de Projeto
R.11.1	Aquisição de Recursos extra	Erros no planeamento inicial de recursos humanos.	Elaboração de uma previsão do número de recursos humanos a alocar, com base em dados históricos	Redistribuição dos recursos alocados nas atividades do projeto.	Equipa do projeto

De forma semelhante, é apresentado na Tabela 4.22 o plano de mitigação, as ações de contingência e o responsável pela sua aplicação.

Tabela 4.22 - Estratégias e planos de contingência de riscos “moderados” (zona amarela)

Código	Risco	Causa	Plano de Mitigação	Ações de Contingência	Responsável
R.1.1	Equipamento desadequado	Erro na seleção do equipamento.	Realização de <i>benchmarking</i> com um maior número de empresas do grupo VW.	Reunião com a empresa fornecedora do equipamento para verificar se todas as necessidades requeridas estão contempladas no novo equipamento.	Equipa de projeto
R.1.2	Capacidade de medição insuficiente	Erro na seleção do equipamento.	Avaliação pormenorizada das especificações técnicas de potenciais equipamentos de medição no mercado.	Reunião de esclarecimento de questões com os fornecedores.	Equipa de projeto/ Fornecedores do Projeto
R.3.1	Dificuldades de negociação	Multiplicidade de interesses	Estreitar relações no processo de negociação.	Negociação direta com o fornecedor.	Equipa de projeto/ Fornecedores do projeto
R.4	Material danificado	Erros na seleção de fornecedores	Atribuir penalizações e prémios de desempenho.	Seleção de um fornecedor alternativo	Equipa de projeto/ Fornecedores do projeto
R.5	Material incorreto	Erros na seleção de fornecedores	Atribuir penalizações e prémios de desempenho.	Seleção de um fornecedor alternativo	Equipa de projeto/ Fornecedores do projeto
R.6	Atraso no fornecimento do material	Incerteza do tempo de construção do equipamento requerido e incerteza do tempo de transporte.	Criação de janelas temporais e pedido de garantias de entrega (<i>Timing Plan</i> do próprio fornecedor)	Selecionar fornecedores que se localizem nas proximidades da VW AE para realização de um maior controlo de todas as atividades.	Equipa de projeto/ Fornecedores do projeto
R.9	Problemas de comunicação	Meios de comunicação ineficientes.	Estabelecimento de um plano de gestão da comunicação	Reuniões mensais com todos os envolvidos no projeto.	Equipa de projeto/ Fornecedores do projeto
R.10	Formação insuficiente	Erros na definição dos objetivos da formação.	Criar um plano detalhado com os principais pontos que devem ser abordados	Estender o número de horas de formação.	Equipa de projeto/ Fornecedores do projeto

O risco da zona verde é considerado aceitável não sendo, assim, necessária a realização de planos para evitar ou mitigar a sua ocorrência. A equipa de projeto aceita possíveis consequências do risco, caso este ocorra. A versão completa do *Project Risk Register* encontra-se no Anexo VII.

4.6.4 Monitorização e Controlo do Risco

Ao longo do projeto são realizadas reuniões semanais para controlo das atividades do projeto e reuniões mensais com a empresa fornecedora do equipamento a adquirir de forma a controlar também todas as atividades da sua responsabilidade e que apresentam uma importância elevada para o bom desempenho do projeto.

De modo a garantir que o projeto é realizado dentro dos prazos definidos, no próximo capítulo é apresentada uma metodologia de avaliação e mitigação do risco.

4.7 Síntese do Capítulo

No capítulo IV foi apresentado o plano do projeto descrito no Capítulo III, resultante do replaneamento realizado em fevereiro de 2016. O plano apresentado encontra-se subdividido em seis planos distintos, i) âmbito; ii) prazos, iii) recursos humanos, iv) custos, v) qualidade, e vi) riscos. Da realização deste plano, há três aspetos a destacar:

1. No plano de gestão dos prazos chegou-se a uma duração total do projeto de 392 dias, sendo a sua data de término prevista para o dia 10 de outubro de 2016, o que está em linha com os objetivos da empresa.
2. Analisando detalhadamente os custos do projeto, verifica-se que o *budget* definido não é cumprido, o que é explicado pela aquisição de equipamentos complementares ao equipamento de medição, que não tinham sido contabilizados no budget e que, por isso, são aceites pela empresa.
3. Após avaliação do impacto e da probabilidade de ocorrência de cada um dos riscos identificados concluiu-se que o risco de incumprimento de custos, o risco de incumprimento das especificações técnicas exigidas, e o risco de incumprimento dos prazos constituem os principais riscos do projeto.

Capítulo V

5 Metodologia de Avaliação e Mitigação do Risco de Incumprimento de Prazos em Projetos

Nos últimos anos tem-se verificado um aumento da competitividade, o que tem levado à necessidade de realizar projetos de forma eficaz e eficiente, respeitando os prazos e os custos planeados. A par desta necessidade, têm sido realizados vários estudos que abordam diferentes técnicas de gestão e controlo de projetos (MAZLUMA & Fuat GÜNERİ, 2015). Assim, neste capítulo será proposta uma metodologia de avaliação e mitigação do risco de incumprimento de prazos, que combina técnicas já existentes de gestão de projetos, nomeadamente, *CPM*, *PERT*, *Crashing* e *Fast Tracking*. Pretende-se que a metodologia apresentada corresponda a uma ferramenta a utilizar no controlo e gestão de projetos, sobretudo naqueles cujo cumprimento de prazos é um fator crítico.

5.1 Fatores de Controlo

O tema gestão de projetos tem sido abordado não só a nível científico, mas também a nível técnico. Muitos gestores de projeto afirmam que, apesar de muitos projetos serem concluídos de acordo com as especificações e o âmbito estabelecidos, poucos são os que cumprem o custo e os prazos inicialmente planeados (Gardiner & Stewart, 2000).

A razão pela qual os fatores custos e prazos sofrem derrapagens ao longo do projeto podem dever-se a mudanças estruturais que ocorrem frequentemente e que alteram os valores planeados. Assim, a equipa de projeto não deve esperar que o projeto termine para avaliar um possível incumprimento que o projeto possa sofrer (Pajares & López-Paredes, 2011). Neste sentido, a metodologia proposta apresenta como objetivo o controlo e avaliação dos fatores custos e prazos, com especial foco no controlo de prazos do projeto.

5.1.1 Prazos

Na metodologia apresentada, o controlo de prazos, bem como a respetiva avaliação do risco de incumprimento, é realizado nas fases de planeamento e de execução do projeto. Para o efeito, na fase de planeamento são calculadas as durações, otimista, esperada e pessimista do projeto, bem como a identificação do prazo de conclusão pretendido pela empresa. Note-se que, caso a duração esperada resultante do planeamento não esteja alinhada com o *target*, é importante que o risco de incumprimento de prazos seja avaliado e mitigado desde o momento de início do projeto. Durante a fase de execução do projeto é possível efetuar um controlo periódico, tendo em consideração, não só, as informações resultantes do planeamento, como o desempenho demonstrado até ao ponto de controlo em análise.

5.1.2 Custos

Na metodologia proposta o controlo de custos surge diretamente relacionado com o controlo de prazos, uma vez que, em cada ponto de controlo, é comparado o custo de incumprimento de prazos com o custo de aceleração do projeto.

5.2 Metodologia Proposta

A metodologia proposta encontra-se organizada em seis etapas, Figura 5.1, organizadas em duas fases, a fase de planeamento e a fase de execução do projeto.

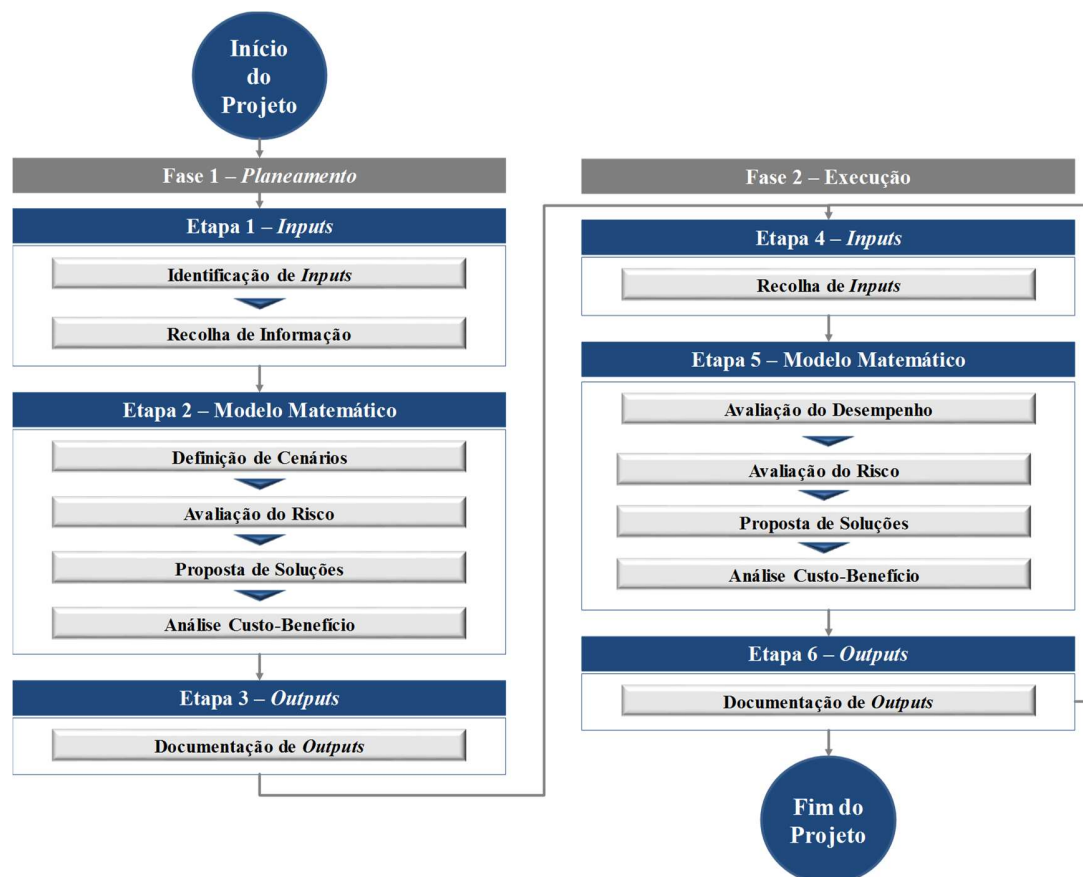


Figura 5.1 - Metodologia Proposta

5.2.1 Fase 1 - Planeamento

A primeira fase é constituída pelas Etapas 1, 2 e 3, e o seu principal objetivo é avaliar o risco do planeamento realizado. Assim, são tidos em consideração o *target* definido para executar o projeto e as durações esperada, otimista e pessimista, determinadas na fase inicial de planeamento do projeto.

5.2.1.1 Etapa 1 - Inputs

Para aplicação da metodologia são necessários *inputs* relativos ao projeto em análise, devendo ser recolhidas as informações necessárias e fiáveis para o processo de avaliação e mitigação do risco.

A. Identificação de Inputs

Os *inputs* necessários para o processo de avaliação e mitigação do risco podem ser subdivididos em quatro categorias, i) empresa, ii) atividades, iii) recursos, e iv) custos.

i) Empresa

1. **Número de turnos diários envolvidos no projeto:** a empresa deve identificar o número de turnos diários que estarão envolvidos na execução do projeto.

2. **Duração de um turno diário:** face ao número de turnos identificados como sendo necessários, deve ser conhecida a duração de cada um deles.
3. **Identificação do ponto de controlo:** a empresa deve identificar os momentos em que deseja que o projeto seja controlado. Sugere-se que estes pontos sejam definidos de acordo com as datas definidas para os *milestones* do projeto.
4. **Identificação do *target* pretendido para finalização do projeto:** tendo em consideração o objetivo do projeto, a empresa deve identificar a data desejada para a sua finalização, designada por *target* no presente documento.

ii) Atividades

1. **Work Breakdown Structure:** a *work breakdown structure (WBS)* fornece três informações fundamentais relativas às atividades a realizar no âmbito do projeto: i) número de atividades; ii) breve descrição; e iii) codificação. É um *input* importante, que facilita o processo de planeamento e controlo em gestão de projetos.
2. **Precedências/ atividade:** as atividades antecessoras e sucessoras de cada uma das atividades do projeto, bem como o tipo de dependência existente, *Finish-to Finish (FF)*, *Finish-to-Start (FS)*, *Start-to Finish (SF)* ou *Start-to-Start (SS)*, devem ser identificadas.
3. **Categoria das atividades:** na metodologia proposta foi criado um campo denominado “categoria” que pode tomar um dos seguintes valores, 1, 2 ou 3 que corresponde, respetivamente à Categoria 1, 2 e 3. Note-se que as atividades de categoria 3 também devem ser classificadas como sendo de categoria 1 ou 2.
 - Categoria 1: Atividades que não apresentam nenhum constrangimento no caso de existir a necessidade de reduzir a sua duração, podendo ser realizadas por recursos extra;
 - Categoria 2: Atividades cuja duração não depende do número de recursos alocados para a sua concretização;
 - Categoria 3: Atividades dependentes de terceiros;
4. **Duração mais provável por atividade:** é necessário recolher informação sobre a duração mais provável de cada uma das atividades, o que pode ser feito, com base em dados históricos, *timing plans* dos fornecedores, e *know-how* da equipa de projeto, entre outros.
5. **Fator Otimista e Pessimista:** a utilização de um fator otimista e de um fator pessimista é necessária para a determinação da duração otimista e pessimista de cada uma das atividades. Sugere-se que estes fatores sejam determinados pela equipa de projeto com base nos dados históricos de outros projetos, semelhantes ao projeto em análise ou com base na experiência e conhecimento da equipa de gestão do projeto. Na metodologia proposta é apresentada como sugestão o valor 0,9 para o fator otimista e 1,1 para o fator pessimista. Ou seja, assume-se que para cada atividade a sua duração otimista é 10% inferior à sua duração mais provável e a duração pessimista 10% superior.
6. **Fator de Rework:** a aplicação da técnica de *Fast Tracking* requer a identificação do fator de *rework*, que é uma das variáveis do cálculo do custo de aplicação da técnica.

iii) Recursos Humanos

1. **Número de recursos humanos atualmente alocados por atividade:** número de recursos planeado para cada uma das atividades.
2. **Percentagem de ocupação dos recursos humanos por atividade:** o grau de ocupação de cada um dos recursos a cada uma das atividades pode variar entre 0% (exclusive) e 100% (inclusive). Um grau de ocupação de, por exemplo, 50% significa que o recurso esteve alocado à atividade durante 50% da sua duração.
3. **Número mínimo e máximo de recursos humanos disponíveis por atividade:** o número de recursos mínimo e máximo disponível para cada uma das atividades deve ser identificado.

iv) Custos

1. **Custo médio por dia.recurso humano:** o cálculo do custo dos recursos humanos requer o conhecimento do custo por dia de um recurso.
2. **Fator incremental de alocação de recursos extra:** a alocação de recursos extra, não planeados, na execução do projeto requer a identificação de um fator incremental de alocação de recursos extra, a ser aplicado no cálculo do custo médio/dia.recurso humano.
3. **Custos com serviços prestados e material por atividade:** os custos com serviços prestados e material por atividade dizem respeito a serviços prestados por fornecedores, bem como a materiais adquiridos a entidades externas para execução de cada uma das atividades.

B. Recolha de Informação

O processo de recolha de informação deve ter em conta dados históricos de projetos semelhantes já realizados, nomeadamente, o seu *timing plan*, plano de gestão do projeto e todas as informações relevantes que resultaram da sua execução. Caso não seja possível ter acesso a esses dados, a equipa de gestão de projetos deve incluir pessoas com conhecimentos e experiências na área, que facilitem o processo de planeamento e controlo. Devem ser, ainda, tidos em consideração os *timing plans* e orçamentos dos vários fornecedores do projeto, bem como de todas as entidades externas ao projeto.

5.2.1.2 Etapa 2 - Modelo Matemático

Nesta secção é apresentado o modelo matemático que será aplicado na fase de planeamento.

A. Definição de Cenários

Na metodologia apresentada propõe-se a definição de três cenários, otimista, pessimista e esperado, Figura 5.2.

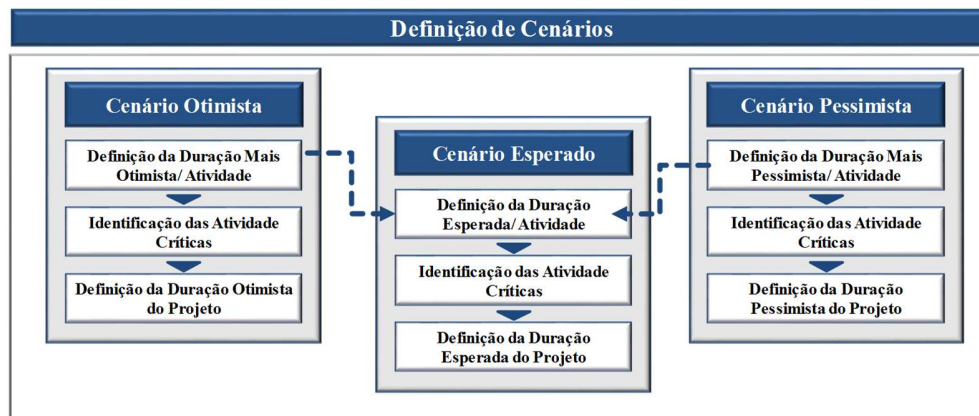


Figura 5.2 - Cenário otimista, esperado e pessimista

Para determinação das durações otimista (D_{OP}), pessimista (D_{PP}) e esperada (D_{EP}) do projeto devem ser tidas em conta para cada uma das atividades do projeto, o cálculo das suas durações otimista (D_{O_i}), pessimista (D_{P_i}) e esperada (D_{E_i}), determinadas, seguidamente, nos cenários otimista, pessimista e esperado.

De notar que i representa cada uma das atividades do projeto, podendo variar entre 0 e o número total de atividades, representado pela letra x .

A.1 Cenário Otimista

O cenário otimista pressupõe como duração de cada uma das atividades o seu valor mínimo, ou seja, a sua duração otimista. Para avaliação deste cenário, numa primeira fase, é realizado o cálculo da duração otimista de cada uma das atividades (D_{O_i}) do projeto, definido pelo produto entre a duração mais provável por atividade (D_{M_i}) e o fator otimista (F_O), Equação (5.1).

$$D_{O_i} = D_{M_i} \times F_O \quad (5.1)$$

Após a obtenção da duração otimista de cada uma das atividades (D_{O_i}) é aplicada a técnica *Critical Path Method (CPM)* para determinar a duração otimista do projeto (D_{OP}). A aplicação desta técnica envolve o desenvolvimento do Diagrama de *Gantt*, identificação de dependência entre atividades, identificação de folgas, determinação das atividades críticas do projeto e a identificação das atividades do caminho crítico. Após este processo é possível determinar a duração otimista do projeto (D_{OP}), tendo em conta o fator criticidade (θ), que identifica quando uma atividade pertence ou não ao caminho crítico do projeto, podendo tomar os valores 0 ou 1, o valor 0 é aplicado quando a atividade não é crítica e o valor 1 é usado quando a atividade pertence ao caminho crítico. Esta duração é dada pelo somatório do produto entre o fator de criticidade associado a cada uma das atividades do projeto (θ_i) e a duração otimista de cada uma das atividades (D_{O_i}), Equação (5.2).

$$D_{OP} = \sum_{i=0}^{i=x} \theta_i D_{O_i} \quad (5.2)$$

A.2 Cenário Pessimista

A duração pessimista de cada atividade (D_{P_i}) é função da sua duração mais provável (D_{M_i}) e do fator pessimista (F_P).

$$D_{P_i} = D_{M_i} \times F_P \quad (5.3)$$

Após o cálculo da duração pessimista de todas as atividades (D_{P_i}) do projeto, é necessário determinar a duração pessimista do projeto (D_{PP}). Para tal, recorre-se novamente à técnica *CPM* para determinação do caminho crítico do projeto no cenário pessimista. Assim, e após identificação do caminho crítico, a duração pessimista do projeto (D_{PP}) é dada pelo somatório do produto entre o fator de criticidade de cada atividade (θ_i) e a duração pessimista de cada uma das atividades (D_{P_i}), Equação (5.4).

$$D_{PP} = \sum_{i=0}^{i=x} \theta_i D_{P_i} \quad (5.4)$$

A.3 Cenário Esperado

Para determinação da duração esperada do projeto (D_{EP}) propõe-se a utilização da técnica *PERT*. Esta técnica utiliza o valor otimista, mais provável e pessimista, da duração das várias atividades de um projeto, definidos pela empresa (MAZLUM & GÜNERİ, 2015).

Após a identificação da duração mais provável e a determinação da duração otimista e pessimista de cada uma das atividades é possível, recorrendo à técnica *PERT*, determinar a duração esperada de cada uma das atividades do projeto (D_{E_i}), Equação (5.5).

$$D_{Ei} = \frac{D_{Oi} + 4D_{Mi} + D_{Pi}}{6} \quad (5.5)$$

À duração esperada de cada uma dessas atividades está associada uma variância ($\sigma_{D_{Ei}}^2$), Equação (5.6), e um desvio padrão ($\sigma_{D_{Ei}}$), Equação (5.7).

$$\sigma_{D_{Ei}}^2 = \frac{(D_{Oi} - D_{Pi})^2}{6} \quad (5.6)$$

$$\sigma_{D_{Ei}} = \sqrt{\sigma_{D_{Ei}}^2} \quad (5.7)$$

Para determinação da duração esperada do projeto (D_{EP}) é aplicada novamente a técnica *CPM*. Assim, a duração esperada do projeto (D_{EP}) é dada pelo somatório do produto entre o fator de criticidade de cada atividade (θ_i) e a duração esperada de cada uma das atividades (D_{Ei}), Equação (5.8).

$$D_{EP} = \sum_{i=0}^{i=x} \theta_i D_{Ei} \quad (5.8)$$

Com base na variância de cada uma das atividades ($\sigma_{D_{Ei}}^2$) do caminho crítico do projeto, pode ser determinada a variância da duração esperada do projeto ($\sigma_{D_{EP}}^2$), Equação (5.9), e o respetivo desvio padrão ($\sigma_{D_{EP}}$), Equação (5.10).

$$\sigma_{D_{EP}}^2 = \sum_{i=0}^{i=x} \theta_i \sigma_{D_{Ei}}^2 \quad (5.9)$$

$$\sigma_{D_{EP}} = \sqrt{\sigma_{D_{EP}}^2} \quad (5.10)$$

A determinação da variância ($\sigma_{D_{EP}}^2$) e do desvio padrão ($\sigma_{D_{EP}}$) do projeto constituem uma informação que será tida em conta na avaliação do risco de incumprimento de prazos.

De forma a facilitar a determinação da duração do projeto em cada um dos cenários podem ser utilizados *softwares* de gestão de projetos, como o *Microsoft Project*, que facilitam a realização dos cálculos, especialmente em projetos de grande dimensão.

B. Avaliação do Risco

Tendo em consideração que a duração esperada do projeto é calculada com base na técnica *PERT*, que, tal como referido na secção 2.2.4, assume um valor estocástico, podem ser calculadas: i) a probabilidade da duração esperada exceder o *target*, e ii) a probabilidade da duração esperada exceder a duração pessimista.

- i) **Probabilidade da Duração Esperada exceder o *Target*:** tendo em conta a duração esperada do projeto (D_{EP}), e de acordo com a técnica *PERT*, verifica-se que a duração esperada de cada atividade do projeto segue uma distribuição beta. De acordo com o Teorema do Limite Central, a soma de um número elevado de variáveis aleatórias, independentes e identicamente distribuídas, neste caso duração esperada das atividades, segue uma distribuição normal. Assim, e partindo do pressuposto que a maioria dos projetos é constituída por várias atividades e que a duração esperada do projeto (D_{EP}) segue uma distribuição normal (Murteira, Ribeiro, Silva, & Pimenta, 2010).

Para facilitar o cálculo da probabilidade da duração esperada do projeto ser superior ao *target* (T), adota-se a variável padronizada Z , em vez da variável T . A variável padronizada (Z) é função do *target* (T), da duração esperada do projeto (D_{EP}) e do desvio padrão da duração esperada do projeto ($\sigma_{D_{EP}}$), Equação (5.11).

$$Z = \frac{T - D_{EP}}{\sigma_{D_{EP}}} \quad (5.11)$$

Após o cálculo da variável padronizada é possível determinar a probabilidade da duração esperada do projeto (D_{EP}) exceder o valor *target* (T). Consultando a tabela de distribuição normal reduzida, obtém-se a probabilidade de Z ser superior ao valor obtido na Equação (5.12), que corresponde à probabilidade pretendida.

$$P\left(Z > \frac{T - D_{EP}}{\sigma_{D_{EP}}}\right) = P(D_{EP} > T) \quad (5.12)$$

- **Probabilidade da Duração Esperada exceder a Duração Pessimista:** a probabilidade da duração esperada do projeto (D_{EP}) exceder a duração pessimista do projeto (D_{PP}) é calculada de forma análoga, no entanto, a variável padronizada (Z) é função da duração pessimista do projeto (D_{PP}), da duração esperada do projeto (D_{EP}) e do desvio padrão da duração esperada do projeto ($\sigma_{D_{EP}}$), Equação (5.13).

$$Z = \frac{D_{PP} - D_{EP}}{\sigma_{D_{EP}}} \quad (5.13)$$

Após consultar a tabela de distribuição normal reduzida, obtém-se a probabilidade de Z ser superior ao valor obtido na Equação (5.13), que corresponde à probabilidade da duração esperada do projeto exceder a duração pessimista, Equação (5.14).

$$P\left(Z > \frac{D_{PP} - D_{EP}}{\sigma_{D_{EP}}}\right) = P(D_{EP} > D_{PP}) \quad (5.14)$$

B.1 Matriz de Avaliação e Identificação do Risco

Com base na probabilidade da duração esperada exceder o *target*, $P(D_{EP} > T)$ e na probabilidade da duração esperada exceder a duração pessimista, $P(D_{EP} > D_{PP})$, é proposta a matriz de avaliação do risco de incumprimento de prazos, Figura 5.3. A matriz está dividida em quatro quadrantes, sendo o ponto de divisão dos quadrantes a percentagem de 50%.

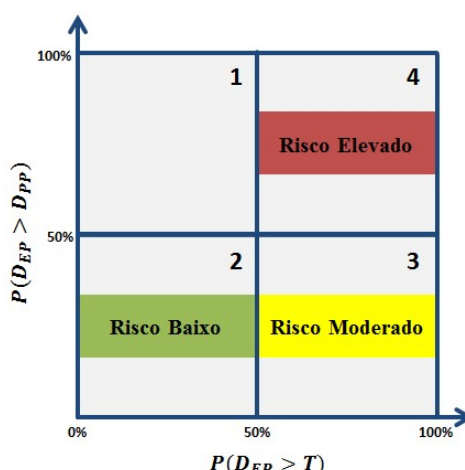


Figura 5.3 - Avaliação do risco de incumprimento de prazos

- **Ausência de Risco**

O primeiro quadrante da matriz, identificado pelo número 1, não apresenta qualquer risco. Note-se que, quando a probabilidade da duração esperada do projeto exceder o *target* $P(D_{EP} > T)$ é menor do que 50% não é matematicamente possível que a probabilidade da duração esperada do projeto exceder a duração pessimista do projeto $P(D_{EP} > D_{PP})$ seja superior a 50%.

- **Risco Baixo**

No segundo quadrante é representada a área de baixo risco uma vez que tanto a probabilidade da duração esperada do projeto exceder o *target* definido como a probabilidade da duração esperada do projeto exceder a duração pessimista do projeto são inferiores a 50%, sendo este o valor considerado crítico e a partir do qual devem ser tomadas medidas para reduzir ou mitigar o risco. Assim, neste caso apenas são necessárias ações de monitorização do risco, verificando para diferentes momentos de controlo do projeto se o risco de incumprimento de prazos não foi alterado. Quando a duração esperada do projeto é igual ao *target*, a probabilidade da duração esperada do projeto exceder o *target*, $P(D_{EP} > T)$, é de 50%, considerando-se que nestes casos estamos perante uma situação de risco baixo.

- **Risco Moderado**

No terceiro quadrante são identificados os projetos cuja probabilidade da duração esperada do projeto exceder o *target* é superior a 50% mas no entanto a probabilidade da duração esperada do projeto exceder a duração pessimista é inferior a 50 %, sendo este risco considerado como moderado. Neste caso, são necessárias tomar medidas de combate ao risco, no entanto, e tendo em conta que o risco é moderado, não serão necessárias medidas muito agressivas, como o replaneamento do projeto. Considera-se que a alocação de recursos extra é a melhor solução, caso o projeto apresente um risco moderado de não cumprir os prazos planeados. Para o efeito, propõe-se a utilização de um modelo de *Crashing*, ponto 5.2.1.2 secção C.2.

- **Risco Elevado**

Quando o projeto apresenta uma probabilidade da duração esperada do projeto exceder o *target* superior a 50% e uma probabilidade da duração esperada do projeto superior à duração pessimista também superior a 50%, considera-se que o risco de incumprimento dos prazos planeados é elevado.

Na metodologia proposta é sugerido que quando o risco é elevado seja efetuado um replaneamento de todo o projeto, também denominado de *Fast Tracking*, a analisar no ponto 5.2.1.2 secção C.3.

C. Solução Proposta

Com base no risco identificado no ponto 5.2.1.2 secção B.1, a metodologia proposta sugere a implementação de uma das três soluções, i) Monitorização, ii) *Crashing de atividades* ou iii) *Fast Tracking*.

C.1 Monitorização

Quando num dado momento de controlo é identificado um risco baixo de incumprimento de prazos propõe-se que o risco seja monitorizado, sem que haja necessidade de tomar medidas de mitigação. As atividades a ser executadas devem ser controladas, devendo ser verificado se o seu desempenho cumpre o planeamento efetuado.

C.2 *Crashing* de Atividades

O *Crashing* de atividades aplicado no modelo proposto terá em conta os seguintes *inputs*:

- Recursos mínimos por atividade (R_{MIN});
- Recursos máximos por atividade (R_{MAX});
- Número atual de recursos alocados (R_A);
- Duração mais provável de cada uma das atividades (D_M);
- Custo médio/recurso humano (C_{RH}).

O custo de cada uma das atividades terá em conta o custo com os recursos humanos internos (C_{RH}), o custo com subcontratação de serviços (C_S) e o custo com material (C_M). Após o *Crashing* o custo das atividades cuja duração foi reduzida é superior ao seu custo inicial, uma vez que são alocados recursos extra para a sua realização.

O custo de aplicação de *Crashing* por atividade (C_{CR_i}) depende do número de recursos extra alocados (R_E), do custo médio/recurso humano (C_{RH}) das atividades correspondente à alocação e do fator incremental de alocação de recursos extra (F_{IRH}), que na metodologia proposta é dado por 1,3.

$$C_{CR_i} = (R_{E_i} \times C_{RH_i} \times F_{IRH}) \quad (5.15)$$

Assim, o custo de aplicação da técnica de *Crashing* é dado pelo somatório do custo de *Crashing* por atividade (C_{CR_i}), às quais foram alocados recursos extra.

No caso de existência de *Crashing* de atividades, o custo total por atividade (C_{T_i}) é incrementado do custo de *Crashing* (C_{CR}), Equação (5.16).

$$C_{T_i} = (C_{CR_i} + C_{RH_i} + C_{S_i} + C_{M_i}) \quad (5.16)$$

O *Crashing* de atividades só será aplicado a atividades de Categoria 1, cuja duração é reduzida com a alocação de recursos extra e Categoria 3, atividades dependentes de terceiros, que também se incluam na Categoria 1 e que, mediante acordos estabelecidos com as entidades externas subcontratadas, poderão ser alocados recursos extra às atividades da sua responsabilidade.

A redução da duração esperada do projeto, deve ser feita aplicando o *Crashing* apenas a atividades críticas. Esta situação deve-se ao facto da redução da duração das atividades não críticas, ou seja, atividades com folga, poder não implicar a redução da duração total do projeto.

A aplicação de *Crashing* permite a redução da duração esperada do projeto, uma vez que é proposta a redução de 10% da duração mais provável de cada uma das atividades, por cada recurso extra alocado a 100%. Pretende-se com esta alocação que a duração esperada do projeto após *Crashing* seja igual ao *target* pretendido.

Será, assim, aplicado às atividades críticas de Categoria 1 e 3 o problema de otimização apresentado, a partir do qual serão aplicados recursos extra a algumas ou todas as atividades, viáveis para o efeito, de forma a permitir que o projeto seja realizado dentro da data *target* definida pela empresa.

O problema de otimização apresenta, assim, a seguinte função objetivo e restrições:

Função Objetivo

$$\text{Min } C_{CR} = \sum_{i=0}^x C_{CR_i} \quad (5.17)$$

Restrições

Sendo i as atividades do projeto que variam entre o intervalo $[0; x]$, as restrições do modelo são as seguintes:

$$(R_{A_i} + R_{E_i}) \leq R_{MAX} \quad (5.18)$$

$$(R_{A_i} + R_{E_i}) \geq R_{MIN} \quad (5.19)$$

$$D_{CR_i} \leq D_{E_i} \quad (5.20)$$

$$D_{CRP} = T \pm \Delta \quad (5.21)$$

Sendo Δ um intervalo, definido pela empresa, cujo *target* pode ser excedido sem colocar em causa o sucesso do projeto.

Após a definição da função objetivo e das restrições é possível resolver o problema de otimização, a que pode ser aplicada uma técnica de programação linear. Em alternativa, pode recorrer-se ao “*Solver*”, um *add-in* do *software Microsoft Excel*.

Após a realização do *Crashing*, e tendo em conta a nova duração esperada do projeto, deve ser reavaliado o risco de incumprimento de prazos de forma a saber se foi mitigado com a solução proposta.

C.3 Fast Tracking

No caso do risco de incumprimento de prazos ser elevado sugere-se a aplicação da técnica de *Fast Tracking* para mitigar o risco de incumprimento de prazos identificado. Esta técnica faz o replaneamento de todo ou parte do projeto, para que algumas atividades sejam sobrepostas, diminuindo, assim, a duração total do projeto. Na metodologia proposta é sugerido que sejam realizados sequencialmente os seguintes passos.

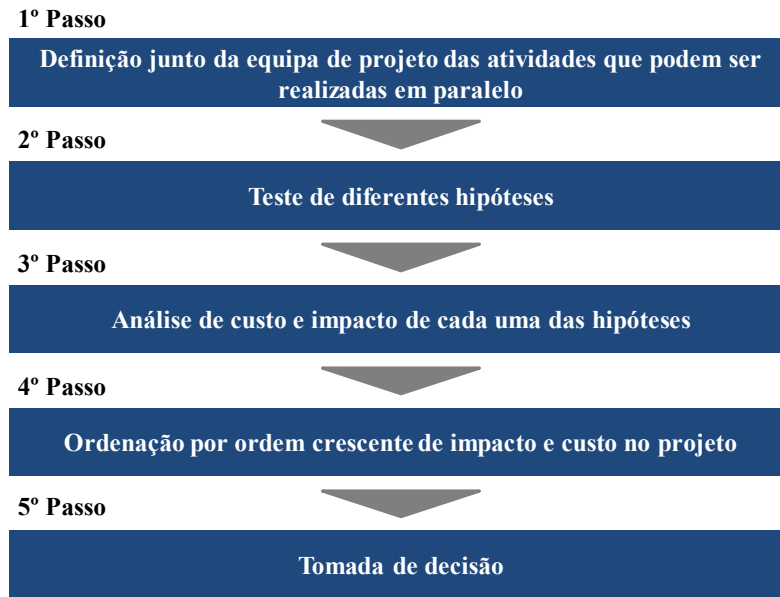


Figura 5.4 - Processo de *Fast Tracking*

Após a definição das atividades a que deve ser aplicada a técnica de *Fast Tracking*, recalcula-se a duração do projeto, o que pode ser feito através da utilização da técnica *CPM*. Depois de obtida a duração esperada do projeto, e tendo como base os cenários otimista e pessimista, previstos na fase inicial de planeamento, é possível refazer os cálculos para avaliação do risco de incumprimento de prazos no projeto, ponto 5.2.1.2 secção B. A aplicação desta técnica pode aumentar as incertezas na execução de um dado projeto, tanto ao nível de prazos como de custos. Poderão, ainda, ser detetados problemas de qualidade na execução das atividades, que constituirão um problema adicional, aumentando a duração das atividades e adicionando-lhe custos de *rework* (Hazini, Dehghan, & Ruwanpura, 2014). Desta forma, sugere-se que a equipa de projeto, quando da aplicação da técnica de *Fast Tracking*, no cálculo da duração esperada de cada uma das suas atividades reveja o cálculo da duração otimista e pessimista. É aconselhável que em projetos que apresentem atividades sensíveis a alterações, quando da sua realização em paralelo com outras atividades predecessoras, se proceda ao aumento do fator pessimista e à redução do fator otimista, para que seja absorvido e tido em conta o aumento da incerteza que a aplicação desta técnica implica no projeto.

O custo de aplicação de *Fast Tracking* pode envolver um custo para o projeto. Neste caso, e tendo em conta que com a aplicação desta técnica são efetuadas atividades em paralelo, o custo da sua aplicação é o custo de *rework*. Propõe-se, assim, que o custo de *Fast Tracking* seja afetado de um fator de *rework* (F_R) de 0,2.

Sendo p o número de atividades a ocorrerem em paralelo após o *Fast Tracking*, o custo de *Fast Tracking* é calculado como o somatório do produto entre a duração esperada de cada uma das atividades em paralelo (D_{E_i}), o número de recursos alocados a cada atividade (R_{A_i}), o custo médio/dia.recurso humano (c_r), e o fator de *rework* (F_R), Equação (5.22).

$$C_{FT} = \sum_{i=0}^{i=p} D_{E_i} \times R_{A_i} \times c_r \times F_R \quad (5.22)$$

Após aplicação de uma das técnicas de aceleração de projetos propostas, *Crashing* ou *Fast Tracking*, e determinados os seus custos, deve ser verificado se o risco de incumprimento de prazos foi mitigado, para o efeito devem ser repetidos os cálculos identificados no ponto 5.2.1.2 secção B.

Caso o risco não seja mitigado devem ser tomadas outras medidas de mitigação do risco. Alguns autores, como Hazini, Dehghan e Ruwanpura (2014), referem uma terceira técnica de aceleração do projeto, a de Substituição, que tem como base a alteração da forma como serão realizadas algumas atividades, substituindo-as por outras. Este tipo de situações ocorre, por exemplo, quando existe uma alteração da tecnologia utilizada. Neste caso os custos associados à sua aplicação envolvem a aquisição da nova tecnologia a utilizar (Hazini, Dehghan & Ruwanpura, 2014).

D. Análise Custo Benefício

Após a avaliação do risco de incumprimento de prazos e caso esse risco se revele elevado ou moderado, são propostas soluções de resolução do problema, possibilitando que o projeto cumpra o *target* estipulado. Após aplicação das técnicas propostas para mitigar o risco de incumprimento de prazos do projeto é importante a realização de uma análise custo benefício, para o que é necessário determinar o custo de incumprimento de prazos do projeto e compará-lo com o custo de aceleração.

- **Custos inerentes ao atraso do projeto:** o custo inerente ao atraso do projeto deve ser considerado, uma vez que influencia diretamente os custos totais do projeto. Na metodologia apresentada propõe-se que o custo de incumprimento de prazos seja estimado através de uma de duas formas: i) subcontratação de serviços extra ou ii) custo de horas extra.

Após a determinação do custo de incumprimento de prazos propõe-se que sejam analisados os seguintes factos:

1. **Análise custo *Crashing* vs custo de incumprimento de prazos:** ao analisar os resultados de análise custo de *Crashing versus* custo de incumprimento de prazos, é importante que a empresa tenha em consideração os objetivos iniciais do projeto e o seu impacto na empresa, sobretudo se o incumprimento do seu *target* colocar em causa a qualidade dos produtos fabricados.
2. **Análise custo *Fast Tracking* vs custo de incumprimento de prazos:** tal como referido na análise com a técnica *Fast Tracking*, ponto 5.2.1.2 secção C.3, é importante que a empresa avalie também outros fatores, como por exemplo: qualidade, objetivos organizacionais e *timings* de outros projetos relacionados, uma vez que a utilização de forma desadequada desta técnica pode pôr em causa a qualidade e o desempenho do projeto.

5.2.1.3 Etapa 3 - Outputs

Os principais *outputs* da aplicação desta metodologia são os seguintes:

- Duração Otimista do Projeto (D_{OP});
- Duração Pessimista do Projeto (D_{PP});
- Duração Esperada do Projeto (D_{EP});
- Incumprimento de Prazos Identificado (i_{PR});
- Avaliação do Risco de Incumprimento de Prazos;
- Técnica de Aceleração de Projetos aplicada
- Nova Duração Esperada do Projeto (D_{EP});
- Incumprimento de prazos evitada após aplicação de uma das técnicas de aceleração de projetos (i_{PR});
- Custo de Aceleração do Projeto (*Crashing* ou *Fast Tracking*).

5.2.2 Fase 2 – Execução

Na segunda parte da metodologia, é efetuado o controlo do risco de incumprimento de prazos em pontos de controlo definidos pela empresa.

5.2.2.1 Etapa 4 - *Inputs*

Como *inputs* da fase de planeamento são necessárias a duração otimista e a duração pessimista do projeto e o seu *target*. Note-se que a metodologia proposta assume que a duração esperada é atualizada, tendo em consideração o desempenho do projeto. No entanto, as durações otimista e pessimista, bem como o *target*, definidos na fase de planeamento, não são recalculados e servem como base para a avaliação do risco face ao planeado. Outro dos *inputs* considerados, são as informações obtidas na documentação de suporte, apresentadas no Anexo VIII. Este documento foi construído especificamente para responder aos *inputs* necessários para utilização da metodologia apresentada. A utilização deste documento de suporte permite, não só, controlar as várias atividades, como documentar todas as informações, constituindo uma importante base histórica do desempenho do projeto.

É, assim, proposto que seja preenchido o documento, após finalização das atividades do projeto e que seja arquivado com o nome do projeto, seguido da referência da atividade avaliada, segundo as referências presentes na *WBS* do projeto.

5.2.2.2 Etapa 5 - Modelo Matemático

O modelo matemático proposto para a fase de execução é muito semelhante ao apresentado para a fase de planeamento, existindo três aspetos que importa realçar:

- Como o projeto já se encontra em execução, o cálculo da duração esperada tem em conta desempenho do projeto até ao momento em que é realizado o controlo.
- São utilizados como *inputs* para a avaliação do risco a duração otimista, a duração pessimista e o *target* definidos na fase de planeamento, tal como referido na etapa 4.
- Como os procedimentos propostos para a avaliação, monitorização e mitigação do risco são iguais aos apresentados para a metodologia proposta para a fase de planeamento, remete-se o esclarecimento dos passos “Avaliação do Risco”, “Proposta de Soluções” e “Análise Custo Benefício” para a Etapa 2.

A. Avaliação do Desempenho do Projeto

Nesta secção é apresentada a metodologia proposta para a avaliação ao desempenho do projeto, desde o início de execução até ao ponto de controlo em análise. Para tal, devem ser identificadas, para cada uma das atividades, a percentagem de conclusão planeada e a percentagem de conclusão real.

A.1 Determinação da Percentagem de Conclusão Planeada

Para iniciar a avaliação do desempenho do projeto, até ao ponto de controlo em análise, deve ser efetuado o cálculo da conclusão planeada, ou seja, a percentagem de conclusão que cada uma das atividades do projeto deveria apresentar.

Tendo como informações a data de início e término, de cada uma das atividades do projeto, e com base no ponto de controlo que está a ser avaliado, podem verificar-se três situações distintas:

- i) As atividades cuja data de início (D_I) é posterior ao ponto de controlo (ω) apresentam uma percentagem de conclusão planeada ($\%C_P$) igual a 0.
- ii) As atividades cuja data de término (D_T) planeada é anterior ao ponto de controlo (ω), apresentam uma percentagem de conclusão planeada ($\%C_P$) é igual a 100.
- iii) Se o ponto de controlo (ω) se situar entre a data de início (D_I) e término (D_T) de uma atividade, deve ser calculada a percentagem de conclusão planeada ($\%C_P$), Equação (5.23).

$$\%C_P = \frac{D_{Ei} \times (\omega - D_I)}{100} \quad (5.23)$$

A.2 Identificação da Percentagem de Conclusão Real

Após a determinação da percentagem de conclusão planeada ($\%C_P$), de cada uma das atividades do projeto, devem ser identificadas as percentagens conclusões reais ($\%C_R$) que podem ser coincidentes.

Na metodologia proposta a percentagem de conclusão real de cada uma das atividades decorridas é um *input*, tal como apresentado na etapa 4.

A.3 Definição da Duração Esperada/ Atividade

A duração esperada (D_E) de uma dada atividade, num determinado momento de controlo, é obtida tendo em conta:

- A duração Esperada (D_E) de cada atividade i , definida na etapa 1;
- O fator de conclusão (ε);
- A percentagem de Conclusão Real de cada atividade ($\%C_R$).

O fator ε pode tomar os valores 0 ou 1, quando este toma o valor 0 a atividade já está finalizada, apresentado assim uma duração esperada (D_E) igual a 0 (dias). Nos casos em que a atividade ainda não foi concluída o fator ε toma o valor 1. Podendo nestes casos ser consideradas 2 hipóteses.

- i) Caso a $\%C_R$ seja igual a 0 a duração esperada da atividade será igual à duração esperada calculada na etapa 1 (D_E).
- ii) Caso a $\%C_R$ seja diferente de 0, a duração esperada da atividade é alterada, tomando a nomenclatura D_{Ei}^* . O novo valor da duração esperada (D_{Ei}^*) é dada pelo produto entre a percentagem de conclusão real ($\%C_R$) e a duração esperada calculada na etapa 1 (D_E), Equação (5.24).

$$D_{Ei}^* = \%C_{Ri} * D_{Ei} \quad (5.24)$$

A.4 Definição da Duração Esperada do Projeto

Após a determinação da duração esperada de cada uma das atividades, pode ser novamente determinada a duração esperada do projeto. Para o efeito, será novamente aplicada a técnica *CPM*. No entanto, para além do fator criticidade (θ) serão ainda tidos em conta:

- O ponto de controlo (ω);
- O fator de conclusão (ε);
- A duração esperada, por atividade D_{Ei}^* .

A duração esperada do projeto (D_{EP}), a respetiva variância ($\sigma_{D_E}^2$) e desvio padrão ($\sigma_{D_{Ei}}$) podem ser calculadas através da, aplicação das Equações (5.25), (5.26) e (5.27), respetivamente.

$$D_{EP} = \omega + \sum_{i=0}^{i=x} \theta_i \varepsilon_i D_{Ei}^* \quad (5.25)$$

$$\sigma_{D_{EP}}^2 = \sum_{i=0}^{i=x} \theta_i \varepsilon_i D_{Ei} \sigma_{D_{Ei}}^2 \quad (5.26)$$

$$\sigma_{D_{EP}} = \sqrt{\sigma_{D_{EP}}^2} \quad (5.27)$$

5.2.2.3 Etapa 6 - *Outputs*

Após aplicação do modelo matemático, apresentado no ponto 5.2.1.2, e a identificação dos *outputs*, ponto 5.2.1.2 secção C, a metodologia propõe a análise de *outputs*. Desta forma, é facilitado o controlo do projeto e previsão do seu desempenho até à data de término. Permitindo prever potenciais custos extra a ocorrer, quer sejam eles decorrentes do incumprimento de prazos face ao estabelecido, quer de aplicação das técnicas propostas de aceleração do projeto.

A. Documentação de *Outputs*

Propõe-se o arquivo de um documento de *outputs*, incluindo a Tabela IX.1 e alguns gráficos de resumo da informação obtida, presentes na Figura IX.1, do Anexo IX. Esta documentação poderá ser utilizada em projetos futuros.

5.3 Síntese do Capítulo

No capítulo V apresentou-se a metodologia proposta para controlo e avaliação do risco de incumprimento de prazos. A metodologia encontra-se organizada em duas partes, devendo a primeira parte ser aplicada na fase de planeamento do projeto, e a segunda parte nos pontos de controlo definidos pela empresa. A metodologia define que a técnica a utilizar para mitigar o risco depende do nível de risco de projeto, que deve ser calculado com base na probabilidade da duração esperada do projeto exceder o *target* e na duração esperada do projeto exceder a duração pessimista, calculada na fase de planeamento. No caso de risco moderado é sugerida a aplicação de *Crashing*, uma vez que é uma técnica pouco agressiva em termos de replaneamento, baseando-se na aplicação de recursos extra disponíveis. Caso o risco seja elevado é sugerida a aplicação da técnica de *Fast Tracking*, o que implica o replaneamento de todo ou parte projeto.

Capítulo VI

6 Aplicação da Metodologia e Discussão de Resultados

6.1 Aplicação da Metodologia

A metodologia de controlo e avaliação do risco de incumprimento de prazos proposta, descrita no Capítulo V, foi aplicada ao caso de estudo apresentado no Capítulo III. A metodologia será aplicada em quatro pontos distintos do projeto, o primeiro referente à fase de replaneamento do projeto, em fevereiro de 2016, e os restantes três, em momentos aleatórios na fase de execução do mesmo.

Para a aplicação da metodologia foram utilizadas duas ferramentas informáticas distintas, o *Microsoft Project* e o *Microsoft Excel*. Na Figura 6.1 é possível observar de que forma será efetuada a gestão dos *inputs* e *outputs*, obtidos através das referidas ferramentas, sendo que o sucesso da aplicação da metodologia dependerá, sobretudo, da qualidade da informação fornecida pelo utilizador ou pela equipa de projeto. Assim, a ferramenta criada em *Microsoft Excel*, denominada ferramenta de controlo de projetos, utiliza como *inputs* os dados fornecidos pelo utilizador e os *inputs* resultantes da aplicação do *Microsoft Project*. O *Microsoft Project* também utiliza como *inputs* dados introduzidos pelo utilizador.

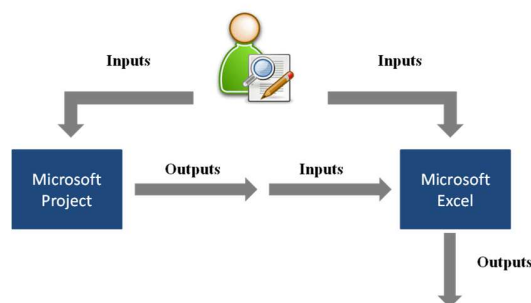


Figura 6.1 - Esquema de *inputs* e *outputs* da metodologia

Adaptado de: Hazini *et al.* (2014)

6.1.1 Fase 1 - Planeamento

Apesar do projeto se encontrar em desenvolvimento desde fevereiro de 2015, foi realizado um replaneamento em fevereiro de 2016, momento no qual será aplicada a metodologia proposta para a fase inicial de planeamento.

6.1.1.1 Etapa 1 - Inputs

Nesta secção são identificados e explicados o processo de recolha dos *inputs* iniciais de aplicação da metodologia identificados na Etapa 1 da metodologia proposta, descrita no Capítulo V.

A. Identificação de *Inputs*

A maioria dos *inputs* necessários para aplicação da metodologia proposta é apresentada no Anexo IV. Neste anexo são identificadas as atividades a realizar, durações mais prováveis, recursos alocados e custos com recursos humanos internos. Além disso, a Tabela X.1 do Anexo X, identifica a localização de todos os *inputs* ao longo da dissertação.

B. Recolha de Informação

No processo de recolha de informação foram tidas em conta três fontes de informação distintas:

- i) Dados históricos de outros projetos desenvolvidos, nomeadamente um projeto ocorrido na fábrica VW Navarra.
- ii) *Timing Plan* de empresas fornecedoras de serviços (equipamento ótico, realização de obras no Centro de Medições, aquisição de equipamentos complementares)
- iii) Conhecimentos e aptidões, provenientes da existência no Centro, de um outro equipamento de medição ótica.

6.1.1.2 Etapa 2 - Modelo Matemático

A. Ferramenta de Aplicação

Com base na metodologia descrita de avaliação e mitigação do risco de incumprimento de prazos em projetos foi desenvolvida uma ferramenta de suporte à aplicação da metodologia, com recurso ao *software Microsoft Excel*. Nesta ferramenta são realizados os cálculos, detalhados no capítulo V, respeitantes à etapa 2 e à etapa 5 da metodologia proposta

A ferramenta desenvolvida, em termos de estrutura, encontra-se organizada em quinze folhas de cálculo, como é apresentado na página inicial do modelo, Figura 6.2. Esta página, para além de apresentar o índice das várias folhas de cálculo, apresenta instruções de preenchimento dos campos necessários para a utilização correta do modelo.

Na primeira folha de cálculo, “Projeto”, é identificado o projeto que será analisado, o seu responsável, bem como as condições nas quais este será desenvolvido na empresa, ou seja, número de turnos, tempo de trabalho diário por turno, *target* objetivo definido pela empresa, entre outras informações relevantes que permitem a avaliação e controlo do projeto ao longo da sua execução.

Nas folhas de cálculo “Dados-Atividades”, “Dados-Recursos” e “Dados-Custos” são definidas de forma detalhada as informações relativas ao número de atividades a desenvolver e respetiva descrição, recursos alocados e recursos extra disponíveis, assim como, todos os custos intrínsecos ao projeto.

Na folha de cálculo “Ponto de Controlo M0” é feita uma análise inicial ao projeto. O preenchimento da folha deve ser feito na fase de planeamento do projeto. Esta análise permite, numa fase inicial, verificar se o planeamento efetuado cumpre os objetivos temporais definidos pela empresa para conclusão do projeto. Desta forma, são definidos três cenários possíveis, o otimista, o pessimista e o esperado. É importante referir que o cenário esperado poderá variar ao longo do projeto, com base no seu desempenho.

As folhas de cálculo “Ponto de Controlo M1”, “Ponto de Controlo M2” e “Ponto de Controlo M3”, têm como objetivo o controlo do desempenho do projeto, ao longo do seu período de vida útil. É, assim, efetuado um controlo pontual dos prazos estabelecidos para conclusão das várias atividades, com base no seu desempenho até ao momento em análise. Para cada um dos pontos de controlo é calculada a probabilidade do projeto exceder o *target* estabelecido e a duração pessimista do projeto. Estes dados, como referido na descrição do modelo, são cruciais para avaliação do risco do projeto sofrer incumprimento de prazos. Nas folhas de cálculo é, ainda, avaliado esse mesmo risco, e nos casos em que devam ser aplicadas medidas de mitigação, é sugerida uma das três soluções propostas, “Monitorização”, “*Crashing*” ou “*Fast Tracking*”.

Página Inicial	
Projeto Dados - Atividades Dados - Recursos Dados - Custos Ponto de Controlo M0 Ponto de Controlo M1 Crash de Atividades M1 Ponto de Controlo M2 Crash de Atividades M2 Fast Tracking 2 Ponto de Controlo M3 Crash de Atividades M3 Fast Tracking 3 Outputs Notas	
Informações gerais de utilização da Ferramenta de Controlo	
Os campos que devem ser preenchidos pelo utilizador encontram-se a branco todos os outros são de preenchimento automático	
Na folha de cálculo "Dados - Atividades" Deve ser definido a categoria de atividade de acordo com os seguintes parâmetros:	
Categoria 1	Atividades sem constrangimentos à redução da sua duração
Categoria 2	Atividades cuja duração não depende do número de recursos alocados para a sua concretização;
Categoria 3	Atividades dependentes de terceiros;

Figura 6.2 - Página inicial da ferramenta proposta

Nas folhas denominadas “Crashing” e “Fast Tracking” são efetuadas as alterações necessárias ao planeamento do projeto, quantificados os custos de aplicação destas técnicas de aceleração e recalculados os valores necessários para verificar se o risco em análise foi mitigado.

Por fim, e de forma a avaliar as várias previsões realizadas nos diferentes pontos de controlo, será feita na folha de cálculo “Outputs” uma comparação entre custos decorrentes do possível incumprimento de prazos e aplicação das técnicas de aceleração, quando se verifique a necessidade da sua implementação.

B. Definição de Cenários

Para determinação da duração do projeto foram definidos três cenários, o otimista, o pessimista e o esperado. Para realização dos cálculos apresentados nesta secção foram tidas em conta as durações mais prováveis por atividade, apresentadas no Anexo IV, e os fatores otimista e pessimista sugeridos na metodologia, com o valor 0,9 e 1,1, respetivamente.

No cálculo da duração do projeto, em cada um dos cenários referidos, foi utilizado o *software Microsoft Project*. Com base nos *inputs*: *WBS*, precedências e durações de cada uma das atividades, foi possível identificar todas as atividades críticas do projeto e o seu respetivo caminho crítico, para cada um dos cenários.

B.1 Cenário Otimista

No cenário otimista foi considerada como duração de cada uma das atividades a sua duração otimista, apresentada no Anexo IV. Essas durações, como apresentado na metodologia proposta, ponto 5.2.1.2 secção A.1 resultam do produto entre o fator otimista (F_O) e a duração mais provável de cada uma das atividades (D_{M_i}).

Na Tabela 6.1 são apresentadas as atividades do caminho crítico correspondentes ao cenário otimista.

Tabela 6.1 - Atividades do caminho crítico - cenário otimista – Parte I

Ref.	Duração Otimista(dias)	Ref.	Duração Otimista(dias)	Ref.	Duração Otimista(dias)
A.1.1	13,5	A.6.2	12,6	D.7	2,7
Fictícia 2	15,3	Fictícia 7	0,9	D.8	0,9
A.1.3	7,2	B.1.1	27	D.9	0,9
A.1.4	9	Fictícia 8	7,2	E.1	0,9
A.2.1	4,5	B.2	4,5	E.4	78,3
Fictícia 3	4,5	B.3.1	2,7	Fictícia 16	0,9
A.2.3	3,6	B.3.2	1,8	E.6	0,9
Fictícia 4	0,9	Fictícia 10	2,7	Fictícia 52	2,7
A.2.4	9	B.4.2	0,9	G.1	3,6
A.3.1	18	Fictícia 14	0,9	G.2	0,9
A.3.2	9	D.1	4,5	G.3	9
A.4.1	21,6	D.2.2	3,6	G.4	9
Fictícia 5	0,9	D.3	7,2	H.1	9
A.5	9	D.4	3,6	I1	4,5
Fictícia 6	4,5	D.5	1,8	I2	4,5
A.6.1	18	D.6	0,9	I3	0,9

Apesar de se sugerir que a etapa 2 seja aplicada na fase de planejamento ou seja, quando ainda não foi realizada nenhuma das atividades do projeto, no projeto em análise foi aplicada a etapa 2, quando da realização de um replaneamento do projeto, tal como mencionado na seção 6.1. Desta forma, todas as atividades do projeto até à atividade de referência B.2 foram realizadas antes da elaboração deste trabalho e o ponto de controle (ω), não é o dia 0, mas sim o dia 210, correspondente à duração do projeto até ao momento de replaneamento. Assim, a duração do projeto no cenário otimista (D_{OP}) é obtida através da Equação (6.1).

$$D_{OP} = \omega + \sum_{i=0}^{i=x} \theta_i \varepsilon_i D_{O_i} \quad (6.1)$$

sendo:

- ω o ponto de controle;
- ε_i o fator de conclusão;
- θ_i o fator de criticidade.

A duração otimista (D_{OP}) do projeto é de 374,7 dias, resultante da soma do ponto de controle, neste caso 210 dias, com o somatório do produto entre a duração otimista de cada uma das atividades do projeto ainda por realizar (D_{O_i}) ou seja, com ε_i igual a 1, e pertencentes ao caminho crítico do projeto ou seja, θ_i também igual a 1, Equação (6.2).

$$D_{OP} = 210 + 164,7 = 374,7 \text{ dias} \quad (6.2)$$

B.2 Cenário Pessimista

De forma análoga ao efetuado no cenário otimista, após determinação da duração pessimista de cada uma das atividades, Anexo IV, foi definido o caminho crítico do projeto num cenário pessimista, Tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Atividades do caminho crítico - cenário pessimista

Ref.	Duração Otimista(dias)	Ref.	Duração Otimista(dias)	Ref.	Duração Otimista(dias)
A.1.1	16,5	A.6.2	15,4	D.7	3,3
Fictícia 2	18,7	Fictícia 7	1,1	D.8	1,1
A.1.3	8,8	B.1.1.1	33	D.9	1,1
A.1.4	11	Fictícia 8	8,8	E.1	1,1
A.2.1	5,5	B.2	5,5	E.4	95,7
Fictícia 3	5,5	B.3.1	3,3	Fictícia 16	1,1
A.2.3	4,4	B.3.2	2,2	E.6	1,1
Fictícia 4	1,1	Fictícia 10	3,3	Fictícia 52	3,3
A.2.4	11	B.4.2	1,1	G.1	5,4
A.3.1	22	Fictícia 14	1,1	G.2	1,1
A.3.2	11	D.2.1.1	11	G.3	11
A.4.1	26,4	D.2.3	1,1	G.4	11
Fictícia 5	1,1	D.3	8,8	H.1	11
A.5	11	D.4	4,4	I.1	5,5
Fictícia 6	5,5	D.5	2,2	I.2	5,5
A.6.1	22	D.6	1,1	I.3	1,1

Recorrendo à técnica *CPM*, e tendo em conta o ponto de controlo em análise, a duração do projeto num cenário pessimista (D_{PP}) é obtida pela Equação (6.3).

$$D_{PP} = 210 + 204,5 = 414,5 \text{ dias} \quad (6.3)$$

B.3 Cenário Esperado

Com base na duração otimista, na duração pessimista e na duração mais provável de cada uma das atividades, é possível, através da aplicação da técnica *PERT*, obter a sua duração esperada. No Anexo IV, pode ser consultada a duração esperada das atividades do projeto e respetiva variância e desvio padrão.

Tendo em conta o fator otimista 0,9 e o fator pessimista 1,1, a aplicação da técnica *PERT* permite verificar que a duração mais provável e esperada de cada uma das atividades será a mesma. Naturalmente, na aplicação a outros projetos e considerados outros fatores otimistas e pessimistas, o mesmo pode não acontecer.

Neste cenário as atividades do caminho crítico encontram-se identificadas na Tabela 4.4 e na Tabela 4.5. Tendo em conta as atividades ainda por realizar do caminho crítico e o ponto de controlo em análise, pode ser obtida a duração esperada do projeto (D_{EP}), através da aplicação da Equação (6.4) e o respetivo desvio padrão (σ_{DEP}), Equação (6.5).

$$D_{EP} = 210 + 182 = 392,0 \text{ dias} \quad (6.4)$$

$$\sigma_{D_{EP}} = 3,0 \text{ dias} \quad (6.5)$$

C. Avaliação do Risco

Após a obtenção da duração esperada do projeto, duração otimista e duração pessimista é possível avaliar e identificar a existência do risco de incumprimento de prazos. Para o efeito foi calculada a probabilidade da duração esperada do projeto exceder o seu valor *target*, 50%, e a probabilidade de exceder a duração pessimista do projeto, 0%, Tabela 6.3.

Tabela 6.3 - Probabilidade da duração esperada na fase de planeamento exceder o *target* e duração pessimista

Probabilidade (Duração esperada > <i>Target</i>)	Probabilidade (Duração esperada > Duração pessimista)
50%	0%

C.1 Matriz de Avaliação e Identificação do Risco

Após a identificação da probabilidade da duração esperada exceder o *target* do projeto e da probabilidade da duração esperada exceder a duração pessimista, Figura 6.3, é possível avaliar o risco de incumprimento de prazos, através da matriz de avaliação e de identificação do risco, ponto 5.2.1.2 secção B.1.

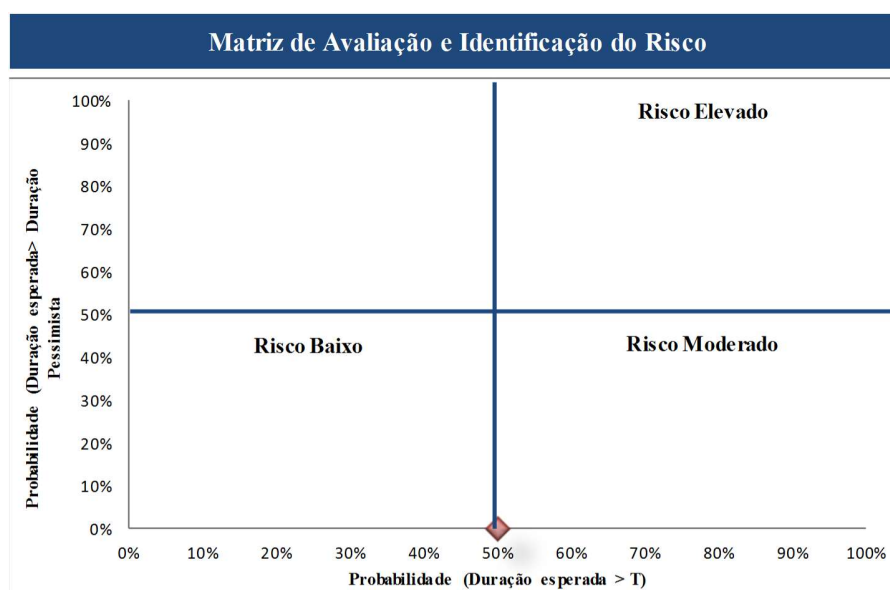


Figura 6.3 – Matriz de avaliação e de identificação do risco

O risco de incumprimento de prazos apresenta-se no linear do quadrante risco baixo e risco moderado, uma vez que a duração esperada do projeto (D_{EP}) é coincidente com o *target* (T) estipulado pela empresa para conclusão do projeto. Assim, qualquer desvio detetado constitui um problema, transformando o risco, que neste momento é considerado baixo, num risco moderado. Assim, e segundo a metodologia proposta, o risco em análise deve ser monitorizado, devendo ser destacado um membro da equipa de projeto para o seu controlo.

6.1.1.3 Etapa 3 - *Outputs*

Na etapa 3, *outputs*, devem assim ser registados no documento “Documentação de *Outputs*”, os dados apresentados na Tabela 6.4.

Tabela 6.4 - *Outputs* – Fase de Replaneamento

Fase de Replaneamento					
Duração do Projeto (dias)			Probabilidade da Duração Esperada		Risco
Cenários			> Target	> Duração pessimista	
Otimista	Pessimista	Esperado			
374.7	414.5	392.0	50%	0%	Baixo

6.1.2 Fase 2 - Execução

Para aplicação da metodologia na fase de execução do projeto, foram definidos como pontos de controlo as datas apresentadas na Tabela 6.5. Estas datas foram selecionadas tendo em conta que se tratava de datas de conclusão de algumas das atividades críticas do projeto e de preocupação para a empresa.

Tabela 6.5 - Pontos de controlo do projeto

Ponto de Controlo	Data
Ponto de Controlo I	9 de maio de 2016
Ponto de Controlo II	9 de junho de 2016
Ponto de Controlo III	7 julho de 2016

6.1.2.1 Ponto de Controlo I

A. Etapa 4 - *Inputs*

Como *inputs* da fase de planeamento são tidos em conta todos os *inputs* apresentados na Etapa 1 e os *outputs* obtidos por aplicação da metodologia, Etapa 3. Outro dos *inputs* identificados é a “Documentação de Suporte”. Esta documentação, proposta na metodologia, facilita o controlo das várias atividades e o registo de informações relevantes que devem ser tidas em conta na aplicação do modelo matemático. No entanto, no caso em estudo, essa mesma documentação não foi um dos *inputs* utilizados na fase de execução do projeto, tendo, em alternativa, sido feitas reuniões semanais para controlo do projeto.

B. Etapa 5- Modelo Matemático

B.1 Avaliação do Desempenho do Projeto

Na avaliação de desempenho do projeto devem ser tidas em consideração a Percentagem de Conclusão Planeada de cada umas atividades ($\%C_P$), as datas de início e término das mesmas, Anexo IV, e a Percentagem de Conclusão Real ($\%C_R$), definida com base no desempenho demonstrado pelo projeto até 7 de maio de 2016. Na Tabela 6.6 é apresentada a identificação destes valores para algumas das atividades do projeto em análise.

Para realização do cálculo da duração esperada do projeto não serão tidas em conta as durações das atividades críticas já concluídas, sendo efetuado o cálculo da duração esperada com base no ponto de controlo (w) e no somatório da duração de todas as atividades críticas ainda por realizar, ou seja, com o fator de conclusão (ϵ) igual a 1.

Tabela 6.6 - Percentagem de conclusão planejada vs real – Ponto de Controle I

Nº	Referência	% Conclusão Planeada	% Conclusão Real
1	A.1.1	100	100
2	Fictícia 1	100	100
3	A.1.2	100	100
...			
72	E.1	100	0
73	E.2	100	0
74	E.3	100	0

É importante ter em conta que, no caso em que no momento da realização do ponto de controlo uma das atividades críticas se encontre em execução a sua duração esperada será proporcional à percentagem dessa atividade que ainda não foi realizada, obtendo-se neste caso uma duração esperada alterada, D_E^* . Desta forma pode ser calculada a Duração Esperada do Projeto (D_{EP}), a respetiva variância ($\sigma_{D_E}^2$) e desvio padrão ($\sigma_{D_{Ei}}$), Tabela 6.7, com base nas equações apresentadas no ponto 5.2.1.2 secção A.3.

Tabela 6.7 - Cenário esperado - Ponto de Controlo I

Cenário Esperado – Ponto I	
Duração Esperada do Projeto (dias)	410,00
Variância (dias)	8,72
Desvio Padrão (dias)	2,95

B.2 Avaliação do Risco

Após a determinação da duração esperada do projeto no ponto de controlo I e tendo como base a duração pessimista e o *target* definido, neste caso na fase de replaneamento do projeto, pode ser calculada a probabilidade da duração esperada ser superior ao target definido e a probabilidade da duração esperada ser superior à duração pessimista, Tabela 6.8.

Tabela 6.8 - Probabilidades a ter em considerando no processo de avaliação do risco – Ponto de Controlo I

Probabilidade (Duração esperada > <i>Target</i>)	Probabilidade (Duração esperada > Duração pessimista)
100%	6%

B.2.1 Matriz de Avaliação e Identificação do Risco

Com base nas probabilidades apresentadas na Tabela 6.9, é avaliado e identificado o risco recorrendo à matriz de avaliação e de identificação do risco, Figura 6.4.

Verifica-se que o risco de incumprimento de prazos do projeto está presente no quadrante de risco moderado, pelo que, de acordo com a metodologia apresentada, se propõe que o risco seja mitigado recorrendo à técnica de *Crashing*.

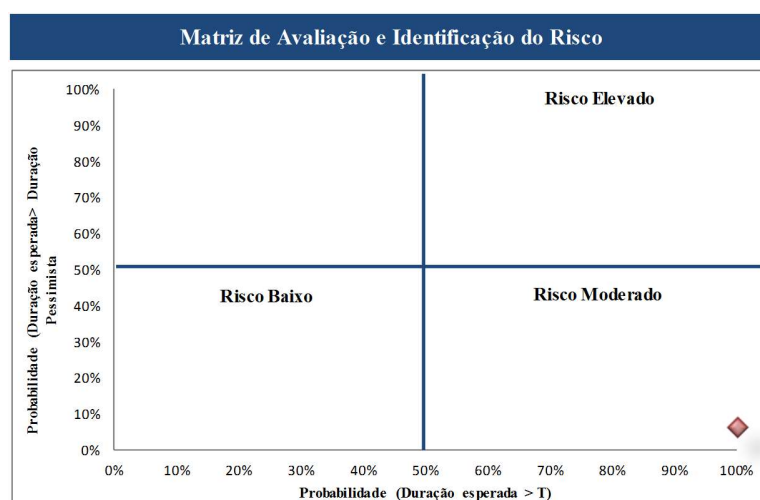


Figura 6.4 - Matriz de avaliação e identificação do risco

B.3 Solução Proposta

Considerando a proposta de aplicação da técnica de *Crashing* às atividades críticas do projeto, ser-lhes-ão alocados recursos extra para que a duração esperada do projeto seja igual ao *target*. A aplicação desta técnica implica a resolução de um problema de programação linear, ponto 5.2.1.1 secção C, de modo a obter a duração esperada coincidente com o valor *target* e a minimização do custo de *crash* decorrente da alocação de recursos. Para resolução do problema foi utilizado um *add-in* do Microsoft Excel, o *Solver*, cuja programação para o caso apresentado se encontra no Anexo XI. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 6.9.

Tabela 6.9 - Resultados obtidos após aplicação de *Crashing*

Cenário Esperado – Após <i>Crashing</i> Ponto I	
Duração Esperada do Projeto (dias)	392,00
Variância (dias)	6,60
Desvio Padrão (dias)	2,57
Recursos Extra Aplicados	23,30

Para verificar se o risco foi mitigado são novamente efetuados os cálculos da probabilidade da duração esperada do projeto exceder o *target* e a probabilidade da duração esperada exceder a duração pessimista, Tabela 6.10.

Tabela 6.10 - Probabilidades a ter em conta no processo de avaliação do risco – Após *Crashing*

Probabilidade (Duração esperada > <i>Target</i>)	Probabilidade (Duração esperada > Duração pessimista)
50%	4%

Utilizando as percentagens presentes na Tabela 6. verifica-se na Matriz de Avaliação e Identificação do Risco, Figura 6.5, que o risco de incumprimento de prazos ficou localizado no linear do quadrante Risco Baixo e Risco Moderado, tal como se verificou no cenário esperado na fase de replaneamento do projeto. Considerando que o risco se encontra mitigado será indicado proceder apenas à monitorização do projeto.

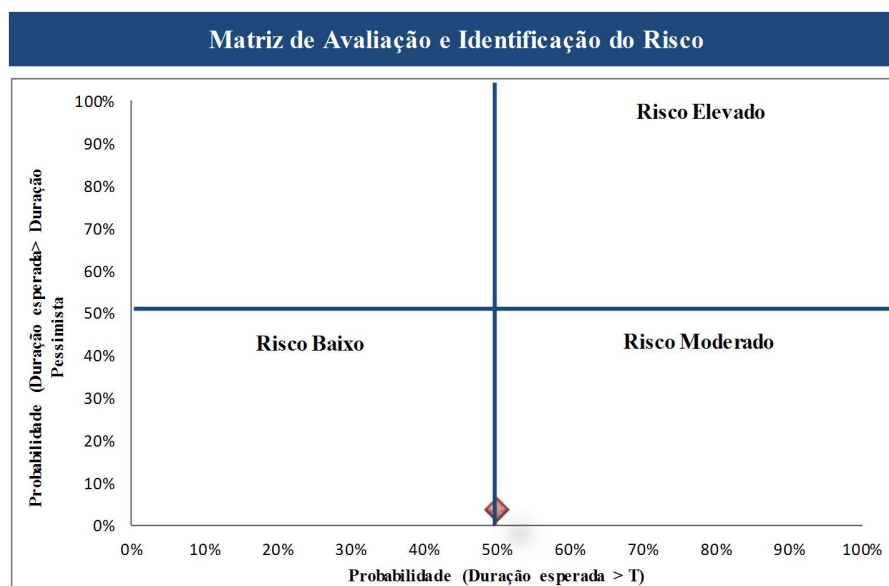


Figura 6.5 - Matriz de avaliação e identificação do risco – Após *Crashing*

B.4 Análise Custo Benefício

Após a aplicação da técnica de aceleração do projeto, deverá ser efetuada a análise custo benefício entre: i) o custo de incumprimento de prazos decorrente do atraso de conclusão do projeto, e ii) o custo resultante da aplicação de *Crashing*.

i) Custo de Incumprimento de Prazos

O custo de incumprimento de prazos (C_{IP}) é calculado tendo em conta as horas extra necessárias para realização das medições que deveriam ser realizadas com o novo equipamento de medição por fotogrametria, e que terão de ser realizadas por outros equipamentos de medição já existentes, devido ao atraso do projeto. Note-se que, como os equipamentos de medição já existentes estão indisponíveis durante a semana, as medições extra terão de ocorrer durante o fim de semana. Considerando que a realização das medições num equipamento exige a presença de dois operadores, o custo diário de atraso do projeto é, de 126,0 UM, Equação (6.6).

$$C_{IP} = R_A \times (c_r \times 2) = 2 \times (31,5 \times 2) = 126,0 \text{ UM} \quad (6.6)$$

sendo:

- Custo de incumprimento de prazos (C_{IP})
- Custo médio/dia.recurso humano (c_r)

É de realçar que o custo de horas extra durante o fim de semana, é o dobro do custo dos períodos normais de funcionamento da empresa.

Tendo em conta o incumprimento de prazos (i_{PR}), Equação (6.7), de 18 dias, verifica-se que o custo de incumprimento de prazos, Equação (6.9), é de 2 268,0 UM.

$$i_{PR} = D_{EP} - T = 410 - 392 = 18 \text{ dias} \quad (6.7)$$

$$C_{IP} = 126 \times 18 = 2\,268,0 \text{ UM} \quad (6.8)$$

ii) Custo de *Crashing*

O custo de *Crashing* é definido pelo produto do custo médio de RH por atividade pelo número de recursos extra alocados. Na aplicação da metodologia ao ponto de controlo I são alocados no total de

23,30 recursos extra, Tabela 6.11. Note-se que, a alocação de recursos não é expressa por números inteiros. Por exemplo no caso da atividade E.4, são alocados 0,30 recursos extra ou seja, deve ser alocado 1 recurso a 30% da duração da atividade.

Com base na nova duração esperada por atividade, recursos extra alocados e custo de *Crashing*/recursos extra.dia obtém-se um custo total de *Crashing* de 3 952,03 UM.

Tabela 6.11 - Alocação de recursos extra e respetivo custo de *Crashing*

Atividades Críticas (categoria 1 e 3)	Recursos extra	Duração Esperada (dias)	Custo de Crash (UM)
E.1	3,00	0,70	63,16
E.4	0,30	84,40	111,72
E.6	1,00	0,90	40,95
G.1	0,00	4,00	0,00
G.2	0,00	1,00	0,00
G.3	7,00	3,00	1 365,00
H.1	4,00	6,00	1 185,60
I.1	4,00	3,00	592,80
I.2	4,00	3,00	592,80
Total	23,30	106,00	3 952,03 UM

C. Etapa 6 - Outputs

C.1 Documentação de Outputs

No Ponto de Controlo I são assim obtidos os seguintes *outputs*:

Tabela 6.12 - Outputs – Fase de execução Ponto I

Ponto de Controlo I							
Cenário Esperado (dias)					Probabilidade da Duração Esperada		Risco
Duração Esperada	Variância da Duração Esperada	Desvio Padrão da Duração Esperada	Incumprimento de prazo	Custo Incumprimento de prazo (UM)	> Target	> Duração pessimista	
410,00	8,72	2,95	18,00	2 268,00	100%	6%	Moderado

Tabela 6.13 - Outputs - Fase de execução Ponto I após aplicação de *Crashing*

Ponto de Controlo I – Após aplicação de <i>Crashing</i>								
Cenário Esperado (dias)					Probabilidade da Duração Esperada		Custo de <i>Crashing</i> (UM)	Risco
Duração Esperada	Variância da Duração Esperada	Desvio Padrão da Duração Esperada	Incumprimento de prazo	Custo Incumprimento de prazo (UM)	> Target	> Duração pessimista		
392,00	8,02	2,83	0,00	0,00	50%	4%	3 952,03	Baixo

6.1.2.2 Ponto de Controlo II

O ponto de controlo II ocorre a 9 de junho de 2016, na fase de execução do projeto.

A. Etapa 4 - Inputs

Os *inputs* a ter em conta na fase de planeamento serão os mesmos que foram utilizados no Ponto de Controlo I, ponto 6.1.2.1 secção A.

B. Etapa 5 - Modelo Matemático

B.1 Avaliação do Desempenho do Projeto

De forma análoga ao efetuado na avaliação de desempenho do projeto no Ponto de Controlo I, também no Ponto de Controlo II devem ser identificadas a Percentagem de Conclusão Planeada (%C_P) de cada umas atividades e a Percentagem de Conclusão Real (%C_R), definida com base no desempenho do projeto nessa data. Os valores definidos para parte das atividades em análise encontram-se na Tabela 6.14.

Tabela 6.14 - Percentagem de conclusão planeada vs real – Ponto de Controlo II

Nº	Referência	% Conclusão Planeada	% Conclusão Real
1	A.1.1	100	100
2	Fictícia 1	100	100
3	A.1.2	100	100
...			
72	E.1	100	75
73	E.2	100	75
74	E.3	100	75
...			
136	F.4.2.3	0	0
137	Fictícia 40	100	100
138	F.4.3.1	100	100

Na Tabela 6.15 são apresentadas a Duração Esperada do Projeto (D_{EP}) e a respetiva variância ($\sigma_{D_E}^2$) e desvio padrão (σ_{D_E}), para o ponto de controlo II.

Tabela 6.15 - Cenário esperado - Ponto de Controlo II

Cenário Esperado –Ponto II	
Duração Esperada do Projeto (dias)	406,00
Variância (dias)	8,02
Desvio Padrão (dias)	2,83

B.2 Avaliação do Risco

A probabilidade da duração esperada exceder o *target* e a probabilidade da duração esperada exceder a duração pessimista são apresentadas na Tabela 6.16.

Tabela 6.16 - Identificação das probabilidades a ter em conta no processo de avaliação do risco – Ponto de Controlo II

Probabilidade (Duração esperada > <i>Target</i>)	Probabilidade (Duração esperada > Duração pessimista)
100%	0%

Considerando as percentagens apresentadas na Tabela 6.16 é identificado e avaliado o risco de incumprimento de prazos, Figura 6.6.

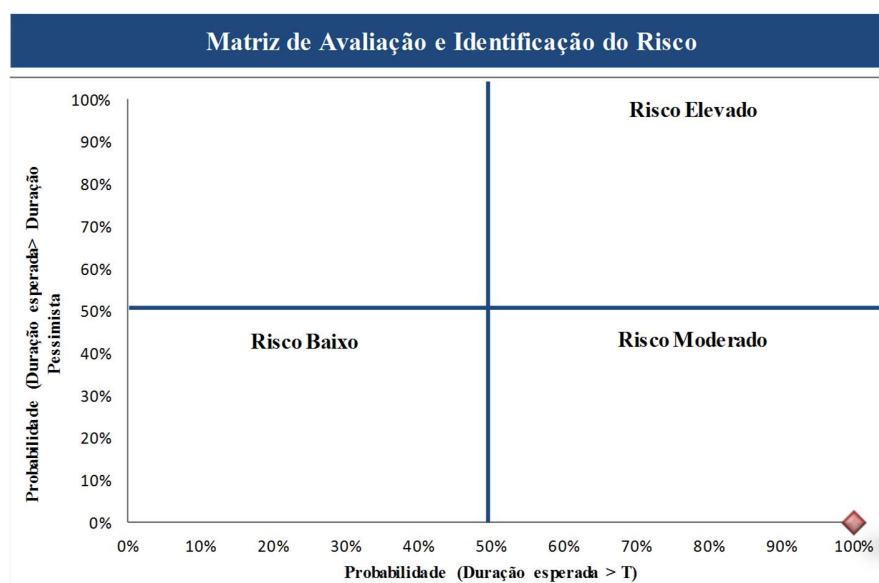


Figura 6.6 - Matriz de avaliação e identificação do risco – Ponto de Controle II

No ponto de controle II o risco de incumprimento de prazos é identificado como moderado, sendo sugerida, novamente, a aplicação da técnica de *Crashing*.

B.3 Solução Proposta

Com o objetivo de reduzir a duração esperada do projeto, neste caso de 406,48 dias, com o menor custo possível e atingindo novamente como duração esperada do projeto o *target* definido inicialmente, aplica-se a técnica de *Crashing*. Os resultados são apresentados na Tabela 6.17.

Tabela 6.17 - Resultados obtidos após aplicação de *Crashing*

Cenário Esperado – Após <i>Crashing</i> Ponto II	
Duração Esperada do Projeto (dias)	392,00
Variância (dias)	5,53
Desvio Padrão (dias)	2,35
Recursos Extra Aplicados	1,72

De forma a verificar se o risco foi mitigado serão calculadas as probabilidades da duração esperada do projeto superar o seu valor *target* e de superar a sua duração pessimista, Tabela 6.18.

Tabela 6.18 - Identificação das probabilidades a ter em conta no processo de avaliação do risco – Após *Crashing*- Ponto de Controle II

Probabilidade (Duração esperada > <i>Target</i>)	Probabilidade (Duração esperada > Duração pessimista)
50%	0%

Recorrendo à Matriz de Avaliação e Identificação do Risco, Figura 6.7, verifica-se que o risco identificado foi mitigado, situando-se agora no quadrante de Risco Baixo, pelo que será apenas necessário monitorizar o projeto.

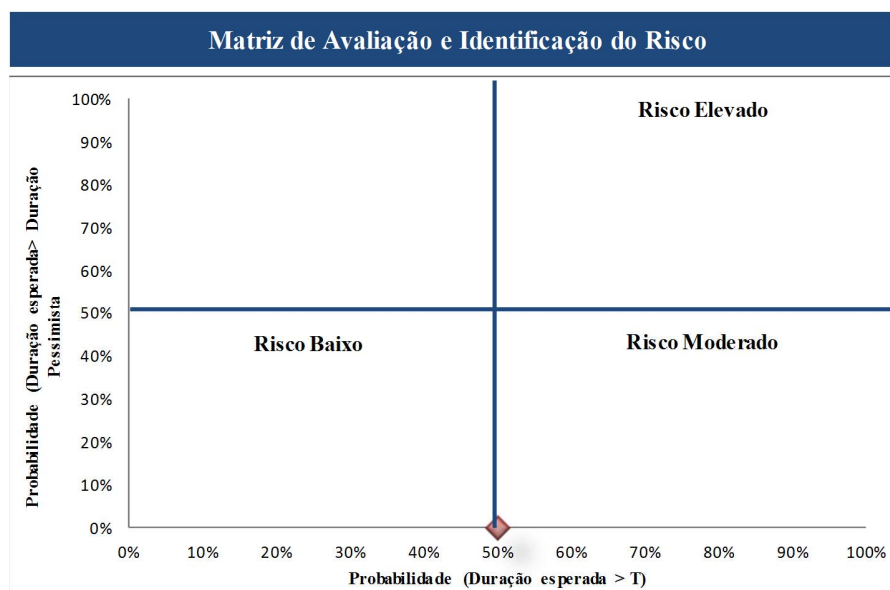


Figura 6.7 - Matriz de avaliação e identificação do risco – Após *Crashing* – Ponto de Controle II

B.4 Análise Custo Benefício

Seguidamente, apresenta-se uma análise custo benefício entre i) o custo de incumprimento de prazos e ii) o custo de aplicação de *Crashing*.

i) Custo de Incumprimento de Prazos

O cálculo do custo de incumprimento de prazos deve ter em consideração os dois operadores necessários para realização das medições extra, durante o período de fim-de-semana. Assim o custo de atraso do projeto num dia é de 10008,0 UM.

Tendo em consideração que no Ponto de Controle II o incumprimento de prazos é de 14,48 dias, o custo de incumprimento de prazos (C_{IP}) é de 1 823,85 UM, Equação (6.9).

$$C_{IP} = 126,0 \times 14,48 = 1\,823,85 \text{ UM} \quad (6.9)$$

ii) Custo de *Crashing*

No Ponto de Controle II foram aplicados 1,72 recursos extras, Tabela 6.19. Os recursos foram unicamente aplicados à atividade E.4, sendo necessário um recurso alocado a 100% e outro recurso alocado a 72% da duração esperada da atividade. A alocação destes recursos implica um custo de 614,15 UM.

Tabela 6.19 - Alocação de recursos extra e respetivo custo de *Crashing*

Atividades Críticas (categoria 1 e 3)	Recursos extra	Duração Esperada (dias)	Custo de <i>Crash</i> (UM)
E.1	0,00	0,18	0,00
E.4	1,72	69,93	641,15
E.6	0,00	0,90	0,00
G.1	0,00	4,00	0,00
G.2	0,00	1,00	0,00
G.3	0,00	3,00	0,00
H.1	0,00	6,00	0,00
I.1	0,00	3,00	0,00
I.2	0,00	3,00	0,00
Total	1,72	91,01	641,15

C. Etapa 6 - *Outputs*

C.1 Documentação de *Outputs*

Em síntese, no Ponto de Controlo II são obtidos os *outputs* apresentados na Tabela 6.20 e na Tabela 6.21.

Tabela 6.20 - *Outputs* – Fase de execução Ponto II

Ponto de Controlo II							
Cenário Esperado (dias)					Probabilidade da Duração Esperada		Risco
Duração Esperada	Variância da Duração Esperada	Desvio Padrão da Duração Esperada	Incumprimento de prazo	Custo Incumprimento de prazo (UM)	> <i>Target</i>	> Duração pessimista	
406,48	8,02	2,83	14,48	1 823,85	100%	0%	Moderado

Tabela 6.21 - *Outputs* – Fase de execução Ponto II após aplicação de *Crashing*

Cenário Esperado (dias)				
Duração Esperada	Variância da Duração Esperada	Desvio Padrão da Duração Esperada	Incumprimento de prazo	Custo Incumprimento de prazo (UM)
392,00	5,53	2,35	0,00	0,00
Probabilidade da Duração Esperada		Custo de <i>Crashing</i> (UM)		Risco
> <i>Target</i>)	> Duração pessimista)	641,15		Baixo
50%	0%			

6.1.2.3 Ponto de Controlo III

O ponto de controlo III ocorre a 7 de julho de 2016, na fase de execução do projeto.

A. Etapa 4 - *Inputs*

Os *inputs* a ter em conta na fase de planeamento serão os mesmos que foram utilizados nos restantes Pontos de Controlo.

B. Etapa 5 - Modelo Matemático

B.1 Avaliação do Desempenho do Projeto

Na Tabela 6.22, encontram-se as percentagens de conclusão planeada e de conclusão real definidas para algumas das atividades do projeto.

Tabela 6.22 - Percentagem de conclusão planeada vs real – Ponto de Controlo III

Nº	Referência	% Conclusão Planeada	% Conclusão Real
1	A.1.1	100	100
2	Fictícia 1	100	100
...			
170	F.5.5.3	100	0
171	F.5.6.1	100	100
172	F.5.7	0	100
...			
179	I.1	0	0
180	I.2	0	0
181	I.3	0	0

Após o recálculo da duração esperada, com base na percentagem ainda por concluir das várias atividades, é calculada a duração esperada do projeto e a respetiva variância e desvio padrão, Tabela 6.23.

Tabela 6.23 - Cenário esperado - Ponto de Controlo III

Cenário Esperado –Ponto III	
Duração Esperada do Projeto (dias)	360,00
Variância (dias)	0,31
Desvio Padrão (dias)	0,55

B.2 Avaliação e Identificação do Risco

No ponto de controlo em análise foram também determinadas, de forma análoga à apresentada nos restantes pontos de controlo, as probabilidades apresentadas na Tabela 6.24.

Tabela 6.24 - Identificação das probabilidades a ter em conta no processo de avaliação do risco – Ponto de Controlo III

Probabilidade (Duração esperada > <i>Target</i>)	Probabilidade (Duração esperada > Duração pessimista)
0%	0%

De acordo com a Figura 6.8, o risco do projeto sofrer incumprimento de prazos é reduzido, sendo apenas necessário monitorizá-lo, de acordo com a metodologia proposta.

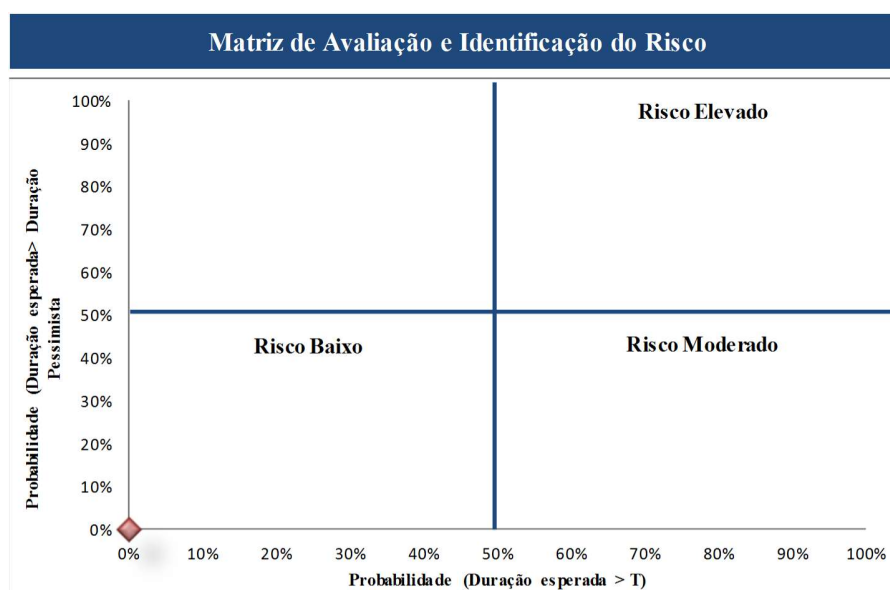


Figura 6.8 - Matriz de avaliação e identificação do risco – Ponto de Controlo III

B.3 Solução Proposta

No Ponto de Controlo III só é exigida à equipa de projeto a monitorização do risco de incumprimento de prazos. Este resultado é expectável, uma vez que, desde o replaneamento, foi realizado *Crashing* de atividades em dois momentos distintos. Note-se que, no ponto de controlo III obtém-se uma duração esperada do projeto inferior ao *target* definido pela empresa na fase inicial. Para além das medidas de aceleração aplicadas nos pontos de controlo I e II, este facto está relacionado com a conclusão de uma das atividades críticas do projeto, construção da célula ótica, referência E.4, ter ocorrido mais cedo do que o esperado. Por estes motivos, o projeto poderá ser concluído antes da data prevista. Para que tal aconteça, terão de ser reagendadas algumas atividades que estavam dependentes da conclusão da atividade E.4. Este processo pode não ser fácil uma vez que algumas destas atividades não são da responsabilidade da VW AE, mas sim de entidades externas subcontratadas.

C. Etapa 6 - Outputs

C.1 Documentação de Outputs

Em síntese no Ponto de Controlo III são assim obtidos os seguintes *outputs* apresentados na Tabela 6.25.

Tabela 6.25 - Outputs – Fase de execução Ponto III

Ponto de Controlo III							
Cenário Esperado (dias)					Probabilidade da Duração Esperada		Risco
Duração Esperada	Variância da Duração Esperada	Desvio Padrão da Duração Esperada	Incumprimento de prazo	Custo Incumprimento de prazo (UM)	> Target	> Duração pessimista	
360,00	0,31	0,55	0,00	0,00	0%	0%	Baixo

6.2 Conclusões e Discussão de Resultados

6.2.1 Conclusões da Aplicação da Metodologia Proposta

A metodologia proposta de avaliação e mitigação do risco de incumprimento de prazos, no Capítulo V, foi aplicada ao caso de estudo, apresentado no Capítulo III. Como referido, na secção 6.1, o projeto sofreu um replaneamento em fevereiro de 2016, sendo aplicada a primeira fase da metodologia a esse momento, e a segunda fase da metodologia aos pontos seguintes a momentos-chave da fase de execução do projeto, 9 de maio de 2016, 9 de junho de 2016 e 7 de julho de 2016.

Na primeira parte da metodologia foi identificado o *target* do projeto, 392 dias, e calculadas a sua duração otimista, 374,7 dias, e a sua duração pessimista, 414,5 dias. No ponto de controlo 0, fevereiro de 2016, e tendo como base o desempenho do projeto até à data do replaneamento, a duração esperada do projeto era de 392 dias, coincidente com o valor *target*, sendo o risco de incumprimento de prazos, neste caso, reduzido. Nos pontos de controlo seguintes, pontos de controlo I, II e III, o cenário esperado foi sofrendo alterações, decorrentes da alteração do desempenho do projeto, e a duração esperada do projeto foi variando ao longo do tempo, 392,0 dias no ponto 0, 410,0 dias no ponto de controlo I, 406,5 dias no ponto de controlo II e 360,0 no ponto de controlo III, Figura 6.9.

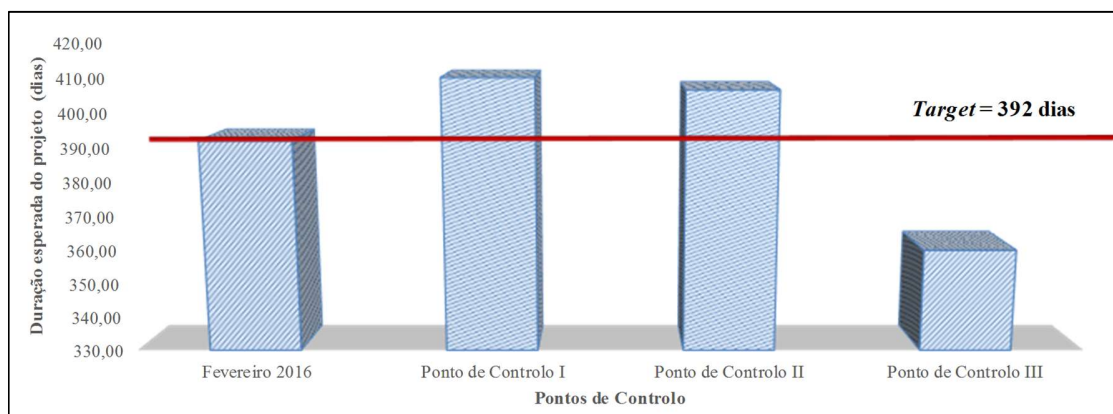


Figura 6.9 - Duração esperada do projeto ao longo do tempo

Com base nas alterações da duração esperada do projeto, também a probabilidade da duração esperada do projeto exceder o *target* e exceder a duração pessimista, Tabela 6.26, foram sofrendo alterações, antevendo possíveis atrasos na conclusão do projeto e implicando, consequentemente, um risco de incumprimento de prazos.

Tabela 6.26 - Avaliação do risco ao longo do projeto

Situação	Fevereiro 2016	Ponto de Controlo		
		I 9 maio 2016	II 9 junho 2016	III Julho 2016
Probabilidade da duração esperada do projeto > target (%)	50,0	100,0	100,0	0,0
Probabilidade da duração esperada do projeto > duração pessimista (%)	0,0	6,0	0,0	0,0
Risco	Baixo	Moderado	Moderado	Baixo

No Ponto de Controlo I verificou-se, através da utilização da matriz de avaliação e identificação do risco, que o risco de incumprimento de prazos era moderado, desencadeando a necessidade da sua mitigação. De acordo com a metodologia proposta, aplicou-se a técnica de *Crashing*, que consistiu

na alocação de recursos extra às atividades críticas do projeto, de categoria 1 e 3. O objetivo era a redução da duração esperada do projeto, de modo a que voltasse a coincidir com o target, com o menor custo possível. Na aplicação desta técnica no ponto de controlo I, está implícito um custo de 3 952,03 UM, com a aplicação de 23,30 recursos extra. No entanto, quando o processo de tomada de decisão é importante a empresa deve efetuar uma análise custo benefício, entre os custos de mitigação do risco, com aplicação de *Crashing*, e os custos decorrentes do possível incumprimento de prazos, Figura 6.10.

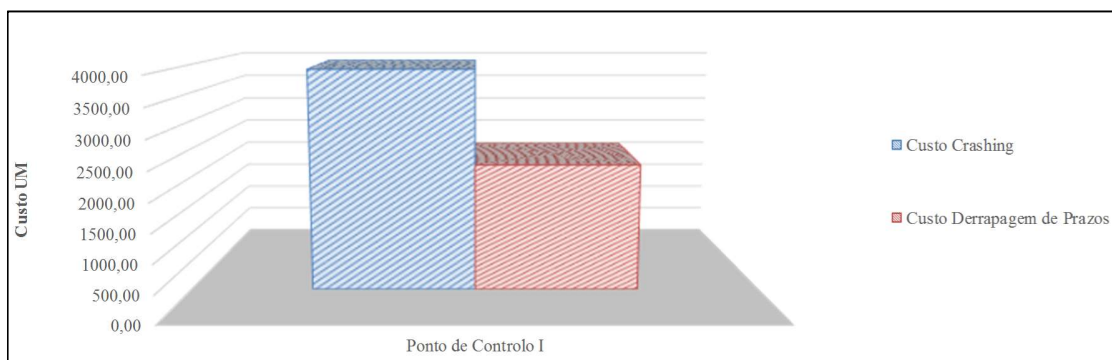


Figura 6.10 - Custo de aplicação de *Crashing* vs custo de incumprimento de prazos

Como se pode verificar na Figura 6.10, o custo de aceleração do projeto é superior ao custo de incumprimento do prazo do projeto no ponto de controlo I. No entanto, este não deve ser o único fator a ter em conta, devendo, para além do custo implícito, ser analisados os objetivos da empresa com a sua realização. No caso de estudo em causa, esses fatores são sobretudo o custo de *rework* de outros departamentos, da VW AE, que apesar de indiretamente relacionados com o projeto, poderão sofrer também custos extra com o incumprimento do prazo do projeto.

No ponto de controlo II a duração esperada do projeto volta a exceder o *target* pretendido. Ao avaliar-se o risco, identificou-se um risco moderado de incumprimento de prazos, recorrendo-se mais uma vez à aplicação da técnica de *Crashing*. Neste caso, o custo comportado pela empresa para aplicação desta técnica é substancialmente inferior ao apresentado no ponto de controlo I, o que seria expectável, uma vez que no ponto de controlo I já foi reduzida a duração esperada de parte das atividades críticas do projeto. Assim, no ponto de controlo II o custo de *crash* é de 641,15 UM, decorrentes da aplicação de 1,72 recursos na atividade de referência E.4, atividade de construção da célula ótica. Mais uma vez deve ser realizado uma análise não só do custo de aplicação desta técnica, mas também do possível incumprimento de prazos, Figura 6.11.

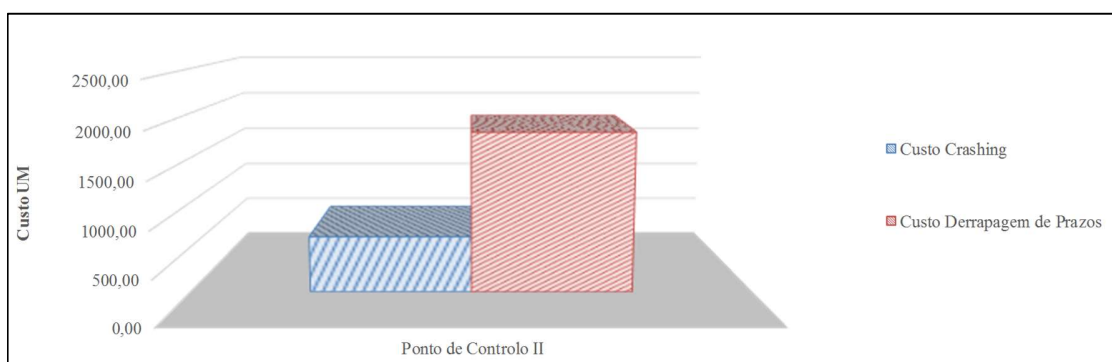


Figura 6.11 - Custo de *Crashing* vs custo de incumprimento de prazos

Contrariamente ao apresentado no ponto de controlo I, no ponto de controlo II o custo de incumprimento de prazos é substancialmente superior ao custo de aceleração do projeto. Desta forma, e tendo em conta que a atividade E.4 já tinha sido sujeito a alocação de recursos extra no ponto de controlo I, será necessário verificar se a empresa fornecedora do equipamento está disposta a efetuar mais uma vez essa alocação, permitindo à VW AE atingir o *target* estipulado.

Após a aplicação da técnica de aceleração de projeto no ponto de controlo III, Figura 6.9, o risco de incumprimento de prazos é identificado como reduzido, não sendo assim necessário aplicar uma técnica de aceleração. Este resultado está em linha com o que seria esperado, uma vez que ao longo da execução do projeto, a técnica de *Crashing* foi aplicada em dois momentos. Além disso, ocorreu uma alteração positiva do desempenho do projeto, uma vez que a conclusão da construção da célula ótica acabou por ocorrer antes do esperado.

Assim, por aplicação da metodologia proposta, o projeto sofreu até ao momento um custo de aceleração, decorrente da aplicação da técnica de *Crashing*, de 4 593,18 UM, Figura 6.12.

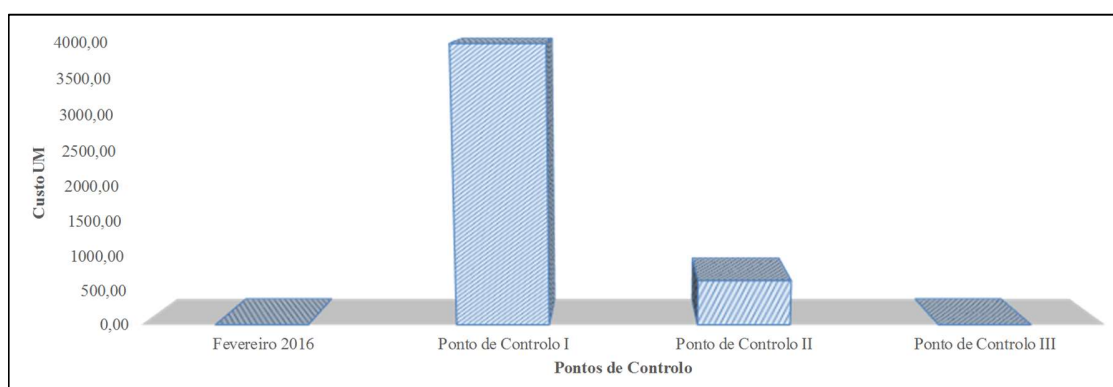


Figura 6.12 - Custo de aceleração do projeto

A aplicação da metodologia proposta, permitiu assim, diminuir potenciais custos com incumprimento de prazos e o incumprimento do *target* objetivo, estipulado para execução do “Projeto de Aquisição de um Equipamento de Medição Ótica”.

6.2.2 Discussão de Resultados

De forma a avaliar os resultados decorrentes da aplicação da metodologia proposta, aplica-se o *Fast Tracking*, em alternativa ao *Crashing*, aos mesmos pontos de controlo avaliados nas secções anteriores, considerando como Hipótese I, a aplicação efetuada, e como Hipótese II, a aplicação apresentada nesta secção.

6.2.2.1 Hipótese II

No ponto de controlo I foi identificado um risco moderado, assim, e segundo a metodologia proposta, foi aplicada a técnica de aceleração de projetos, *Crashing* de atividades. Nesta secção de discussão de resultados será então avaliado numa segunda hipótese, a aplicação da técnica de *Fast Tracking*, aquando da identificação de um risco moderado, como o apresentado no ponto de controlo I. Para aplicação desta técnica, e segundo a metodologia proposta, foram definidas primeiramente as atividades que poderiam ser realizadas em paralelo e, para cada uma das hipóteses, foi calculado o seu impacto na duração esperada do projeto bem como o custo de *Fast Tracking* inerente à aplicação de cada uma das hipóteses, Tabela 6.27.

Tabela 6.27 - Hipóteses para aplicação da técnica *Fast Tracking*

Hipótese	Atividades em Paralelo	Impacto na Duração Esperada do Projeto	Custo de <i>Fast Tracking</i>
I	I.1; I.2	- 5,00 dias	630,00 UM
II	G.3; G.4; H.1	-10,00 dias	1 512,00 UM
III	I.1; I.2; G.3; G.4; H.1	-15,00 dias	4 536,00 UM
IV	I.1; I.2; G.3; G.4; H.1; Fictícia 16; E.6; Fictícia 52; G.1	- 19,0 dias	6 350,40 UM

Tendo em conta o incumprimento de prazos no ponto em análise, 18 dias, a hipótese selecionada será a hipótese IV. Após aplicação da técnica de *Fast Tracking* o projeto assume uma duração esperada igual a 391,0 dias e com base neste valor e na duração pessimista, definida na fase inicial, do projeto podem ser recalculadas as probabilidades da duração esperada do projeto superar o seu valor *target* e de superar a sua duração pessimista, Tabela 6.28.

Tabela 6.28 - Identificação das Probabilidades a ter em conta no Processo de Avaliação do Risco – Após *Fast Tracking*

Probabilidade (Duração esperada > <i>Target</i>)	Probabilidade (Duração esperada > Duração pessimista)
37%	0%

Assim, verifica-se através da matriz de avaliação e identificação do risco, Figura 6.13, que o risco moderado detetado no ponto de controlo I é mitigado.

Assim, após aplicação de *Crashing* e de *Fast Tracking* o risco de incumprimento de prazos é reduzido, tendo apenas de ser monitorizado. No entanto, o custo de aplicação de *Fast Tracking*, neste ponto de controlo é de 6 350,40 UM, ou seja, 2 398,37 UM superior ao custo de *Crashing*. Esta diferença de custo deve-se sobretudo ao facto da aplicação de *Fast Tracking* implicar um replaneamento de parte das atividades do projeto, o que implica o aumento da incerteza da sua execução, podendo causar custos extra à empresa, sobretudo de *rework*, decorrente do facto da qualidade das atividades, a realizar em paralelo, poder ser comprometida. Assim, e tendo como base os custos no ponto de controlo I, verifica-se que a aplicação de *Fast Tracking*, quando da deteção de um risco moderado não se justifica, obtendo custos de aceleração do projeto inferiores, quando da aplicação do *Crashing*. No entanto, analisando as duas hipóteses, surge outra questão que deve ser considerada. Com a aplicação *Fast Tracking* no ponto de controlo I continuará a ser necessário aplicar uma técnica de aceleração de projetos no ponto de controlo II, tal como acontece quando se realiza *Crashing* no ponto de controlo I?

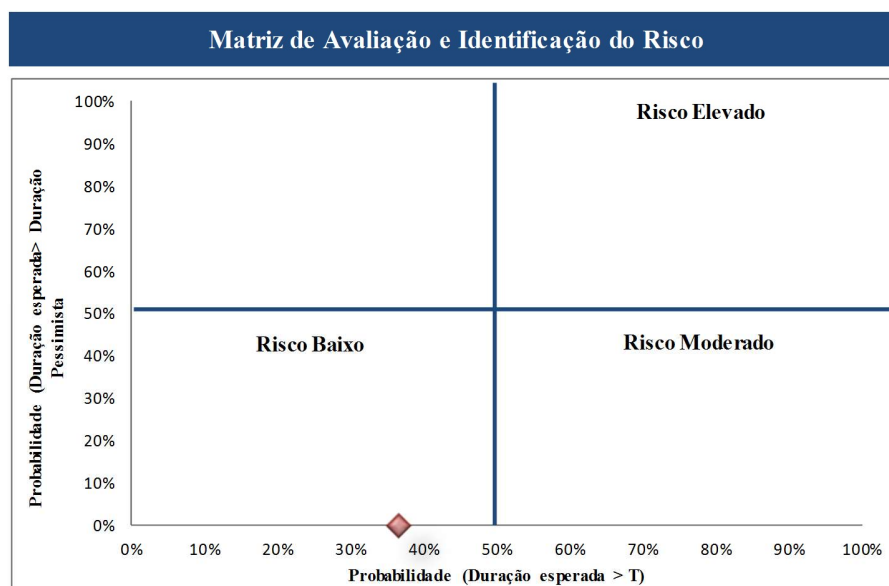


Figura 6.13 - Matriz de avaliação e identificação do risco

Assim, reavaliado o ponto de controlo II, caso fosse aplicado *Fast Tracking* ao ponto de controlo I, obtêm-se os valores de duração esperada, variância e desvio padrão, apresentados na Tabela 6.29.

Tabela 6.29 - Cenário esperado - Ponto de Controlo II – Hipótese II

Cenário Esperado –Ponto II	
Duração Esperada do Projeto (dias)	390,25
Variância (dias)	8,57
Desvio Padrão (dias)	2,93

Verifica-se que a duração esperada do projeto no ponto de controlo II é inferior ao *target*, constituindo, segundo a metodologia proposta, um risco reduzido. O mesmo acontece no ponto de controlo III, Tabela 6.30.

Tabela 6.30 - Cenário esperado - Ponto de Controlo III - Hipótese II

Cenário Esperado –Ponto III	
Duração Esperada do Projeto (dias)	345,50
Variância (dias)	4,36
Desvio Padrão (dias)	2,09

Assim, com a aplicação da técnica de *Fast Tracking* no ponto de controlo I não será necessário aplicar mais nenhuma técnica de aceleração de projetos, como verificado quando da aplicação de *Crashing* no ponto de controlo I.

Deste modo, na hipótese II o projeto tem um custo total de aceleração decorrente somente da aplicação da técnica de *Fast Tracking* de 6 350,40UM, Figura 6.14.

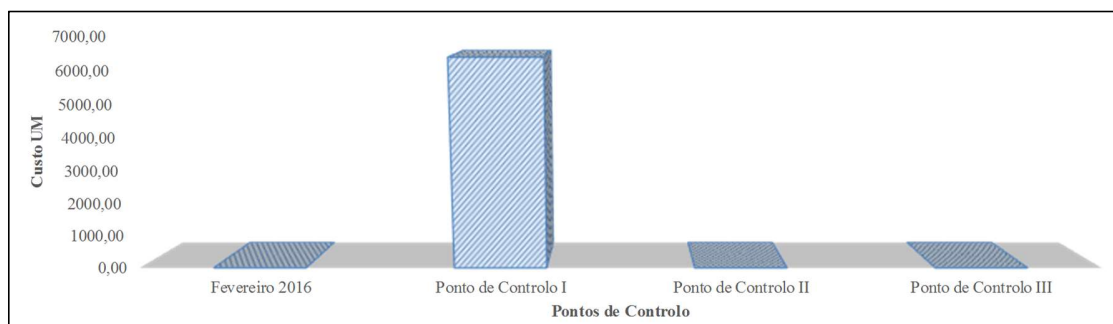


Figura 6.14 - Custo de aceleração do projeto - Hipótese II

Quando comparado o custo de aceleração do projeto da hipótese II com a hipótese I, verifica-se que é 1 757,22 UM superior no caso da hipótese II. Assim, é mais vantajoso seguir a metodologia proposta, aplicando *Crashing* quando sedeteta um risco moderado. A aplicação de *Fast Tracking*, quando detetado um risco moderado, pode levar a empresa a incorrer em custos extra desnecessários para mitigar o risco.

6.2.2.2 Hipótese III

Deve ser ainda estudada uma terceira hipótese na qual não é aplicada nenhuma técnica de aceleração ao longo do projeto.

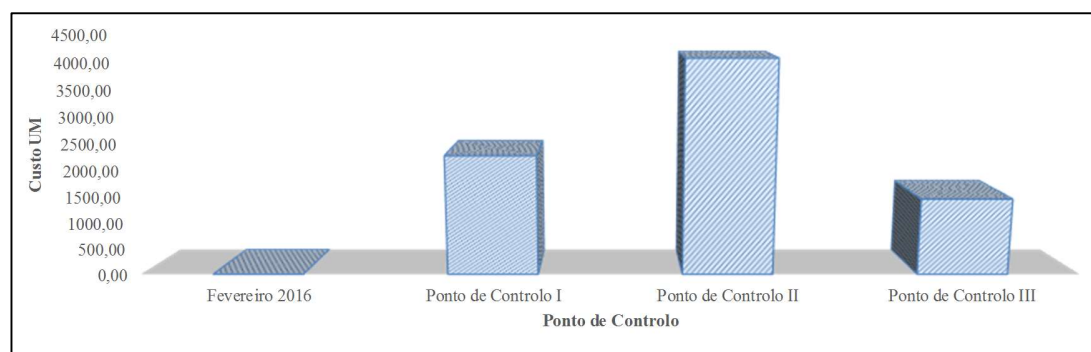


Figura 6.15 - Custo de incumprimento de prazos – Hipótese III

Tal como é possível observar na Figura 6.15, tendo em conta o último ponto de controlo em análise, a previsão mais recente do custo de incumprimento de prazos do projeto é de 1 449,00 UM.

Este valor é inferior ao custo de aceleração do projeto na hipótese I e II, e deve-se sobretudo às alterações no desempenho demonstrado pelo projeto em estudo, entre o ponto de controlo II e III, que nunca foram previstas durante o planeamento e durante a execução do projeto. No entanto e como anteriormente referido, não só o fator custo deve ser tido em conta, mas também os objetivos organizacionais com a execução do mesmo.

6.2.3 Análise de Sensibilidade

Note-se que a previsão de custos de *Crashing* e de *Fast Tracking* tem associada uma determinada incerteza, sobretudo devido ao fator incremental ao custo/recurso humano.atividade, no caso do *Crashing*, e ao fator de *rework*, no caso do *Fast Tracking*. Para a realização dos cálculos apresentados nas secções anteriores considerou-se um fator incremental do custo/recurso humano.atividade de 1,3 e um fator de *rework* de 0,2. O objetivo da análise de sensibilidade, apresentada na presente secção, é perceber de que modo é que variam os custos de *Crashing* e de *Fast Tracking* caso estes fatores

também variem. Na Figura 6.16 são apresentados os custos de *Crashing* resultantes da alteração do fator incremental de aplicação de recursos extra, a ser aplicado, ao custo médio/recurso.humano.atividade.

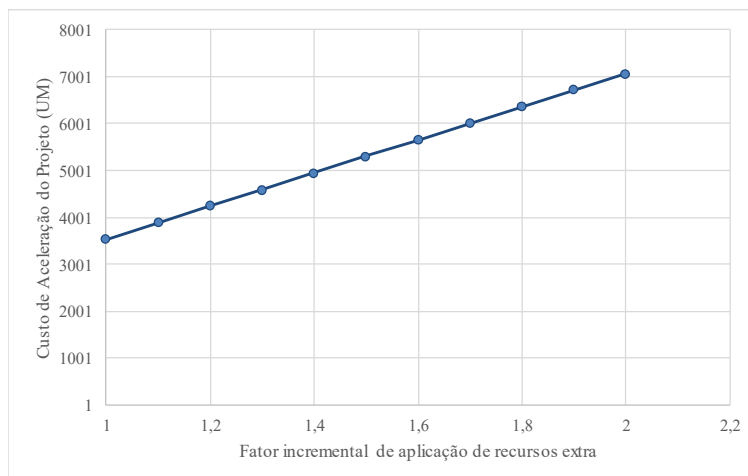


Figura 6.16 - Custo de aceleração do projeto em função do fator incremental de aplicação de recursos extra

Através de uma breve análise da Figura 6.16 é possível verificar que quando se altera o fator incremental no intervalo [1; 2], o custo de aceleração do projeto aumenta diretamente com o fator incremental.

A Figura 6.17 apresenta os custos de *Fast Tracking* resultantes da alteração do fator de *rework*.

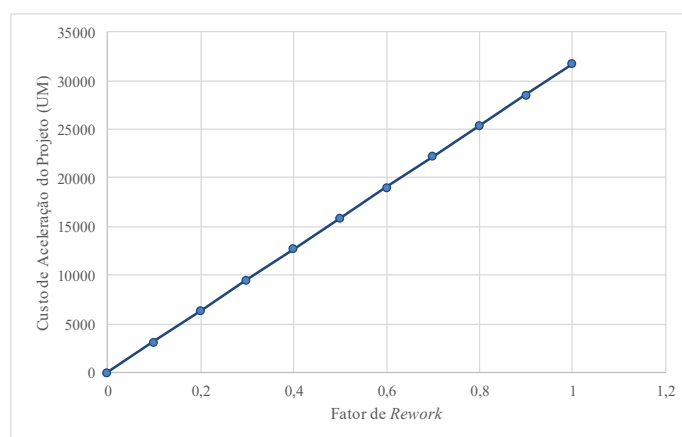


Figura 6.17 - Custo de aceleração do projeto em função do fator rework

Tal como para o *Crashing*, verificam-se alterações no custo de *Fast Tracking* quando se verifica uma alteração do fator de *rework* no intervalo [0; 1]. No caso apresentado na Figura 6.17, o custo pode variar entre 0 UM, caso não se verifique a necessidade de *rework*, e 31 752,00UM, caso tenham de ser completamente repetidas as atividades executadas às quais foi aplicado *Fast Tracking*. Note-se que esta variação é superior à apresentada na Figura 6.16, onde o custo de *Crashing* varia entre 3 533,21 UM e 7 066,43 UM.

Verifica-se, assim, que com a aplicação de *Fast Tracking* o projeto poderá apresentar custos de aceleração substancialmente mais elevados do que com a *Crashing*, reforçando a ideia de que apenas se deve aplicar *Fast Tracking* em casos excepcionais, o que na metodologia proposta significa em casos de risco elevado.

Capítulo VII

7 Conclusões e Recomendações

7.1 Conclusões do Estudo

A presente dissertação surgiu na sequência de duas questões identificadas como tendo forte impacto e aplicabilidade na gestão de projetos, considerando a rapidez com que ocorrem alterações no mercado, i) o incumprimento de prazos e ii) a aplicação de técnicas de aceleração de projetos. Assim, neste âmbito foi desenvolvida uma metodologia de controlo e avaliação do risco de incumprimento de prazos que, pelas suas características, se pretende que responda à questão de investigação da dissertação:

Como avaliar e mitigar o risco associado ao incumprimento do prazo planeado de conclusão do projeto recorrendo a técnicas de aceleração de projetos?

A metodologia foi desenvolvida com base num caso de estudo real, um projeto a decorrer no Centro de Medições da empresa Volkswagen Autoeuropa. O projeto tem como objetivo a aquisição de um equipamento de medição ótica. A necessidade de aquisição deste equipamento resulta da previsão do aumento de produção na fábrica, em 2017, em consequência do lançamento de um novo modelo automóvel e da produção de novas peças, para montar em veículos produzidos noutras fábricas do grupo Volkswagen.

Tendo em conta a questão central de investigação e o caso de estudo apresentado, foram definidos cinco objetivos para a dissertação.

1. Identificar técnicas de controlo e aceleração de projetos

A resposta à questão de investigação e o desenvolvimento de uma metodologia de controlo e avaliação do risco de incumprimento de prazos requerem a identificação, na literatura, de técnicas de controlo e aceleração de projetos. A satisfação deste objetivo resultou na revisão da literatura no âmbito da gestão de projetos, apresentada no capítulo II da dissertação. Das técnicas identificadas, destacam-se, o *Earned Value Management (EVM)*, o *Crashing* e o *Fast Tracking*.

A técnica *Earned Value Management* é considerada uma das mais aplicadas na monitorização e controlo de projetos (Hazir & Shtub, 2011). É um método padrão de avaliação do desempenho de projetos, baseado na aplicação de um conjunto de métricas simples, que possibilitam a avaliação do estado atual do projeto, conseguindo, desta forma, identificar e controlar possíveis riscos, positivos ou negativos, para o projeto (Vanhoucke, 2012). A sua aplicação permite avaliar dois tipos de desvios: i) nos prazos (*Schedule Variance*) e ii) nos custos (*Cost Variance*), através dos respetivos índices de desempenho i) índice de desempenho do prazo (*Schedule Performance Index*) e ii) índice de desempenho do custo (*Cost Performance Index*).

O *Crashing* e o *Fast Tracking* são técnicas de aceleração de projetos que têm como objetivo a redução da sua duração. São as técnicas mais utilizadas pelos gestores de projeto (Hazini, Dehghan & Ruwanpura, 2014).

O *Crashing* é uma técnica pouco agressiva, em que a redução da duração das atividades é conseguida através da alocação de recursos extra ao projeto (Gerk & Qassim, 2008). A aplicação desta técnica pode ser realizada de três formas distintas: i) alocação de recursos extra; ii) prolongamento do tempo de trabalho; e iii) utilização de vários turnos de trabalho (Hazini, Dehghan, & Ruwanpura, 2013), e tem implícito um aumento do custo de execução do projeto, decorrente da alocação de recursos não

planeados na fase inicial do projeto. A técnica *Fast Tracking* tem como base o replaneamento de todo ou parte do projeto, conseguindo corrigir tanto quanto possível os desvios detetados. Para o efeito, atividades, que normalmente seriam realizadas de forma sequencial, são realizadas em paralelo, ou seja, sobrepostas (Project Management Institute, 2013). Esta técnica, apesar de não apresentar um custo direto para o projeto, implica um eventual custo de *rework*. A existência deste custo depende de vários fatores, nomeadamente, o tipo e a complexidade das atividades, o nível de sobreposição e a duração das atividades (Dehghan & Ruwanpura, 2011).

Importa referir que, por vezes, estas técnicas são utilizadas sem nenhum motivo em específico. Este facto constitui um problema, uma vez que a aplicação desnecessária destas técnicas pode levar a custos extra no projeto, sem que sejam identificadas as melhores soluções para a sua execução.

2. Desenvolver uma metodologia de controlo e avaliação do risco de incumprimento de prazos

Na dissertação propõe-se uma metodologia de controlo e avaliação do risco de derrapagem de prazos que se pretende que seja de aplicação simples neste e noutros projetos.

A metodologia encontra-se organizada em duas partes: i) a primeira parte, aplicada na fase de planeamento do projeto, tem como objetivo verificar, desde uma fase inicial, se o projeto se encontra em risco de derrapagem de prazos; ii) a segunda parte da metodologia deve ser aplicada ao longo da execução do projeto, em vários pontos de controlo, definidos pela empresa, que preferencialmente devem estar alinhados com os *milestones* do projeto. Os objetivos da metodologia proposta centram-se no controlo e na aceleração de projetos, de modo a mitigar o risco de derrapagem de prazos.

No que diz respeito à aceleração de projetos, propõe-se que seja avaliado o risco de derrapagem de prazos, tendo em conta a probabilidade da duração esperada do projeto exceder o *target* pretendido, e a probabilidade do projeto exceder a duração pessimista do projeto.

De acordo com o risco identificado, propõe-se que i) se o risco for baixo, se proceda à monitorização do risco de derrapagem de prazos; ii) se o risco for moderado, se proceda à aceleração do projeto, recorrendo à aplicação da técnica *Crashing*; e iii) se o risco for elevado, se proceda à aceleração do projeto com recurso à técnica *Fast Tracking*.

3. Garantir o cumprimento de todas as atividades nas datas definidas

De forma a cumprir a data definida para a conclusão do projeto em estudo é apresentado, no Capítulo III da dissertação, um plano de gestão do projeto. O plano foi elaborado aquando do seu replaneamento em fevereiro de 2016, tendo sido redefinidos os planos de gestão do âmbito, de prazos, de recursos humanos, de custos, da qualidade e de gestão do risco.

No plano de gestão do âmbito foram identificados os *stakeholders* e requisitos do projeto, e determinadas as atividades a executar até à sua data de conclusão. Foram identificadas 181 atividades, entre as quais atividades fictícias referentes a tempos de espera. No plano de gestão dos prazos foram definidas as durações esperadas de cada uma das atividades do projeto e calculadas as atividades críticas. Obteve-se uma duração total para a execução do projeto de 392 dias, sendo a data de término prevista para 10 de outubro de 2016, data coincidente com o *target* definido pela empresa.

No plano de gestão de recursos humanos foram definidos os recursos a alocar às atividades, e as respetivas horas de ocupação, verificando-se que os períodos mais críticos de ocupação de recursos ao projeto são os meses de junho, setembro e outubro de 2016. Estes meses correspondem à fase de preparação do Centro de Medições para a chegada e implementação do novo equipamento de medição. Durante este período deve ser efetuado um forte controlo, uma vez que qualquer atraso pode comprometer o sucesso do projeto.

No plano de gestão dos custos foram definidos, de forma detalhada, os custos com recursos humanos, materiais e equipamentos a adquirir e prestação de serviços. Com base nestes valores, foram alocados custos a cada uma das atividades. Analisando o *budget* de 647 000 UM definido para a execução do projeto, conclui-se que este é excedido, devido à aquisição de equipamentos complementares ao equipamento de medição, que não tinham sido contabilizados aquando da definição do *budget*.

No plano de gestão da qualidade são identificados os quatro pontos-chave do projeto: i) novo *layout* do departamento, uma vez que o Centro de Medições apresenta restrições de espaço, tornando a alocação do novo equipamento um ponto crítico do projeto; ii) seleção de empresas subcontratadas, em que o processo mais crítico é a seleção da empresa fornecedora do novo equipamento, uma vez que este é o elemento de maior custo para o projeto; iii) aquisição do novo equipamento de medição; iv) formação de colaboradores, facto fundamental para que sejam alcançados os objetivos definidos com a aquisição do novo equipamento. Para todos os pontos-chave foram definidos critérios de aceitação e medidas de controlo a serem tomadas ao longo da execução do projeto.

No plano de gestão do risco são identificadas cinco categorias de potenciais riscos do projeto: i) âmbito do projeto, ii) económico-financeiro, iii) empresas externas, iv) calendarização, e v) recursos humanos. Após a avaliação do impacto e da probabilidade de ocorrência de cada um dos riscos, concluiu-se que os principais riscos do projeto são os de derrapagem de custos, de incumprimento das especificações técnicas exigidas e de derrapagem dos prazos. Tendo em conta a questão de investigação da dissertação, é apenas analisado o risco de derrapagem de prazos.

4. Aplicar a metodologia criada ao caso de estudo

A metodologia proposta foi aplicada em quatro pontos de controlo distintos do projeto: i) ponto de controlo 0, fevereiro de 2016; ii) ponto de controlo I, 9 de maio de 2016; iii) ponto de controlo II, 9 de junho de 2016; e iv) ponto de controlo III, 7 de julho de 2016. Os *outputs* obtidos em cada um dos pontos estão sintetizados na Tabela 7.1.

Com base na aplicação da metodologia proposta e no desempenho avaliado para o projeto, o custo necessário de aceleração do projeto até ao ponto de controlo III é de 4 593,18 UM, supondo que é aplicada a técnica *Crashing* nos pontos de controlo I e II. Importa referir que quando da aplicação do *Crashing*, foram alocados 23,30 recursos humanos extra no Ponto de Controlo I, sendo a atividade de referência G.3, montagem da célula ótica, a que teve um maior impacto, com 7,0 recursos extra alocados, Tabela 7.2. No ponto de controlo II foi necessário alocar 1,72 recursos humanos extra, tendo os 2 recursos sido alocados à atividade E.4, construção da célula ótica, Tabela 7.2.

Tabela 7.1 – *Outputs* dos pontos de controle

Output		Ponto de Controle			
		0	I	II	III
Duração do projeto (dias)	Otimista	374,70	-	-	-
	Pessimista	414,50	-	-	-
	Target	392,00	-	-	-
	Esperada	392,00	410,00	406,48	360,00
	Desvio Padrão da duração esperada	3,00	2,95	2,83	0,55
Derrapagem de prazos	Duração (dias)	0,00	18,00	14,48	0,00
	Custo (UM)	0,00	2 268,00	1 823,85	0,00
Probabilidade da duração esperada do projeto exceder o <i>target</i> (%)		50,00	100,00	100,00	0,00
Probabilidade da duração esperada do projeto exceder a duração pessimista do projeto (%)		0,00	6,00	0,00	0,00
Risco identificado		Baixo	Moderado	Moderado	Baixo
Solução proposta		Monitorização	<i>Crashing</i>	<i>Crashing</i>	Monitorização
Duração esperada do projeto após aplicação da solução proposta		-	392,00	392,00	-
Risco identificado após aplicação da duração proposta		-	Baixo	Baixo	-

Tabela 7.2 – Recursos extra alocados – Ponto de Controle I

Atividades Críticas (Categoria 1 e 3)		E.1	E.4	E.6	G.1	G.2	G.3	H.1	I.1	I.2
Recursos Humanos Extra	Ponto de Controle I	3,00	0,30	1,00	0,00	0,00	7,00	4,00	4,00	4,00
	Ponto de Controle II	0,00	1,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

5. Analisar os resultados obtidos e reportá-los à equipa de projeto responsável

O último objetivo definido para a dissertação foi a apresentação das conclusões retiradas da análise dos resultados obtidos por aplicação da metodologia proposta ao caso de estudo. Para o efeito, foram consideradas três hipóteses: Hipótese I correspondente aos resultados da aplicação efetuada; Hipótese II onde é avaliado o impacto da aplicação da técnica *Fast Tracking* ao Ponto de Controle I; e Hipótese III onde é avaliado o impacto de não aplicar qualquer técnica de aceleração ao projeto. Na Tabela 7.3 são apresentados os resultados obtidos em cada uma das hipóteses.

Tabela 7.3 – *Outputs* das diferentes hipóteses de aplicação de medidas no projeto em análise

	Hipótese I	Hipótese II	Hipótese III
Duração esperada do projeto (dias)	392,00	392,00	403,50
Derrapagem de prazos (dias)	0,00	0,00	11,50
Custo de derrapagem de prazos (UM)	0,00	0,00	1 449,00
Custo de aceleração do projeto (UM)	4 593,18	6 350,40	0,00

Tal como se pode verificar, Tabela 7.3, a hipótese mais vantajosa, em termos de custos, é a Hipótese III, na qual não são aplicadas técnicas de aceleração de projetos. Neste caso, o projeto teria um custo extra, resultante de 11,5 dias de derrapagem, de 1 449,00 UM. É de realçar que o valor de derrapagem de prazo e, consequentemente, do seu custo, poderia ser substancialmente superior, caso o projeto não tivesse um desempenho superior ao previsto, identificado entre os Pontos de Controlo II e III. No entanto, e tendo em consideração os objetivos da empresa, a derrapagem de prazos não é aceitável. Assim, apenas é viável neste projeto a aplicação das Hipóteses I e II.

Comparando as Hipóteses I e II, verifica-se que a Hipótese I, correspondente à aplicação da metodologia proposta, apresenta um custo inferior à Hipótese II. Apesar da técnica de *Fast Tracking* apenas ser aplicada no Ponto de Controlo I, o seu custo é substancialmente superior à aplicação da técnica de *Crashing* nos Pontos de Controlo I e II. Note-se que, a aplicação da técnica de *Fast Tracking* envolve um risco demasiado elevado, não só em termos de qualidade, uma vez que pode comprometer o sucesso da execução de grande parte das atividades onde é aplicada, mas também em termos de custos. De forma a comprovar esse facto, foi realizada uma análise de sensibilidade ao custo de aceleração do projeto, variando o fator de *rework* implícito no custo de aplicação da técnica de *Fast Tracking*, tendo-se constatado que o custo de aceleração do projeto pode variar entre 0 UM e 31 752 UM. Estes resultados reforçam a ideia de que a técnica de *Fast Tracking* apenas deve ser aplicada caso o risco de derrapagem de prazos seja elevado. Verifica-se, assim, que com a aplicação da metodologia proposta, Hipótese I, foi identificada uma solução mais viável em termos de custos e dos objetivos organizacionais pretendidos, uma vez que com a sua aplicação será possível realizar o projeto no prazo definido.

Considera-se que foram cumpridos os objetivos propostos para a dissertação.

7.2 Limitações

A principal limitação do trabalho desenvolvido é o facto do caso de estudo apresentado não permitir validar se a metodologia proposta é aplicável a qualquer cenário que possa ser registado num projeto. O projeto analisado não possui dados suficientes para avaliar um número significativo de diferentes cenários, aos quais pudesse ser aplicada a metodologia proposta.

É de referir, ainda, que a metodologia proposta não garante a obtenção de um resultado ótimo, em termos de custo, uma vez que apresenta apenas uma proposta possível de controlo e solução aquando da identificação de incumprimento de prazos de um projeto. No entanto, concluiu-se a partir da análise de diferentes hipóteses de aplicação que a solução proposta pela metodologia permite obter o melhor resultado, tendo como base os objetivos organizacionais de execução do projeto.

7.3 Contribuições

No processo de pesquisa e revisão da literatura existente, no âmbito da gestão de projetos, foi identificada a necessidade de simplificar a aplicação das técnicas de aceleração existentes, bem como a definição das atividades às quais devem ser aplicadas e em que situações. O trabalho desenvolvido apresenta uma resposta a estas necessidades, nomeadamente:

- Aplicação da técnica de *Crashing* a atividades críticas, classificadas como categorias 1 e 3. No caso da categoria 1 estão implícitas atividades cuja duração depende do número de recursos alocados. As atividades de categoria 3 são atividades desenvolvidas por empresas externas cuja duração também depende do número de recursos alocados e que, através de um acordo entre as partes envolvidas, poderão sofrer alocação de recursos extra, decorrentes da aplicação da técnica de *Crashing*;
- Aplicação da técnica de *Crashing*, quando da identificação de um risco moderado de incumprimento de prazos num projeto;

- Aplicação da técnica de *Fast Tracking*, após realização de um estudo preliminar onde são identificadas as atividades cuja sobreposição gera um maior impacto na redução do projeto e que, consequentemente, implicam um menor impacto nos custos de aplicação desta técnica;
- Aplicação da técnica de *Fast Tracking*, nos casos em que é verificada a existência de um risco elevado de incumprimento de prazos.

A dissertação, através da aplicação da metodologia de avaliação e mitigação do risco de incumprimento de prazos proposta, permite à empresa VW AE:

- Verificar em vários pontos de controlo a duração esperada do projeto em estudo;
- Estimar o possível incumprimento de prazos;
- Avaliar diferentes soluções, entre as quais a aplicação de técnicas de aceleração de projetos, e verificar o seu impacto nos fatores custo e tempo de um projeto.
- Corrigir o incumprimento de prazos e cumprir a data estipulada de término do projeto, outubro de 2016.

Referências Bibliográficas

- Abbasi, G. Y. & Mukattash, A. M. (2001). Crashing PERT networks using mathematical programming. *International Journal of Project Management*, 19, 3, 181-188.
- Abuwarda, Z., Hegazy & Tarek. (2016). Flexible Activity Relations to Support Optimum Schedule Acceleration. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Acebes, F., Pajares, J., Galán, J. M. & López-Paredes, A. (2013). A new approach for project control under uncertainty. Going back to the basics. *International Journal of Project Management*, 32, 3, 423-434.
- Ahmed, A., Amornsawadwatana, S. & Kayis, B. (2003a). A conceptual framework for risk analysis in concurrent engineering. *Proceedings of the 17th International Conference on Production Research*. Virginia, USA.
- Ahmed, A., Amornsawadwatana, S. & Kayis, B. (2003b). Application of ARENA simulation to risk assessment in concurrent engineering projects. *Proceedings of the 9th International Conference on Manufacturing Excellence - ICME*. Melbourne, Australia.
- Ahmed, A., Kayis, B. & Amornsawadwatana, S. (2007). A review of techniques for risk management in projects. *Benchmarking: An International Journal*, 14, 1, 22-36.
- Alecu, F. (2011). Management of Software Development Projects. *Oeconomics of Knowledge*, 3, 10-18.
- Atkinson, R. (1999). Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. *International Journal of Project Management*, 17, 6, 337-342.
- Azaron, A., Katagiri, H. & Sakawa, M. (2007). Time-cost trade-off via optimal control theory in Markov PERT networks. *Springer Science+Business Media*, 150, 1, 47-64.
- Berczi, A. (1986). A Micro-Computer Based Goal Programming Application of Network Analysis. *Advances in Production Management Systmes*, 349-361.
- Bogus, S. M., Molenaar, K. R. & Diekmann, J. E. (2005). Concurrent Engineering Approach to Reducing Design. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131, 11, 1179-1185.
- Bowman, R. A. (2006). Developing activity duration specification limits for effective project control. *European Journal of Operational Research*, 174, 2, 1191-1204.
- Chanas, S. C. & Zielinski, P. (2001). Critical path analysis in the network with fuzzy activity times. *Fuzzy Sets and Systems*, 122, 2, 195-204.
- Copertari, L. (2011). Selecting projects in a portfolio using risk and ranking. *Journal of Project, Program & Portfolio Management*, 2, 1, 10-28.
- Cristobal, J. R. (Abril de 2013). Critical Path Definition Using Multicriteria Decision Making: Promethee Method. *Journal of Management in Engineering*, 29, 2, 158-163.
- Davies, A. & Hobday, M. (2005). *The business of projects: Managing innovation in complex products and systems*, Cambridge University Press, New York
- Dehghan, R. & Ruwanpura, J. Y. (2011). The Mechanism of Design Activity Overlapping in Construction Projects and the Time-Cost Trade off Function. *Procedia Engineering*, 14, 1959-1965.
- DePorter, E. L. & Ellis, K. P. (1990). Optimization of Project Networks with Goal programming and Fuzzy Linear Programming. *Computers and Industrial Engineering*, 19, 1-4, 500-504.
- Dumont, P. R., Gibson, G. E. & Fish, J. R. (1997). Scope Management Using Project Definition Rating Index. *Journal of Management in Engineering*, 13, 5, 54-60.

- Falco, M. & Macchiaroli, R. (1998). Timing of control activities in. *International Journal of Project Management*, 16, 1, 51-58.
- Gardiner, P. D. & Stewart, K. (2000). Revisiting the golden triangle of cost, time and quality: the role. *International Journal of Project Management*, 18, 251- 256.
- Garel, G. (2013). A history of project management models: From pre-models to the standard models. *International Journal of Project Management*, 31, 5, 663-669.
- Gerk, J. E. & Qassim, R. Y. (2008). Project Acceleration via Activity Crashing, Overlapping, and Substitution. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 55, 4, 590-601.
- Globerson, S. (1994). Impact of various work-breakdown structures on project conceptualization. *International Journal of Project Management*, 12, 3, 165-171.
- GOM. (2016). <http://www.atos-core.com/>. Retrieved from GOM, março de 2016
- Hanna, A. S., Taylor, C. S. & Sullivan, K. T. (2005). Impact of Extended Overtime on Construction Labor. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131, 6, 734-739.
- Hazini, K., Dehghan, R. & Ruwanpura, J. (2013). A heuristic method to determine optimum degree of activity. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 40, 4, 382-391.
- Hazini, K., Dehghan, R. & Ruwanpura, J. (2014). An evolutionary optimization method to determine optimum degree of activity accelerating and overlapping in schedule compression. *Canadian Journal of Civil Engineering*. 41, 4, 333-342.
- Hazır, Ö. (2014). A review of analytical models, approaches and decision support tools in project monitoring and control. *International Journal of Project Management*. 33, 4, 808-815.
- Hendrickson, C. (2000). *Project Management for Construction Fundamental Concepts for Owners, Engineers, Architects and Builders*.
- Herroelen, W. & Leus, R. (2005). Project scheduling under uncertainty: Survey. *European Journal of Operational Research*, 165, 2, 289-306.
- British Standards Institution, (2002). "Guide to project management."BS 6079. London.
- Jha, K. & Iyer, K. (2006). Critical determinants of project coordination. *International Journal of Project Management*, 24, 4, 314-322.
- Killen, C. P. & Hunt, R. A. (2013). Robust project portfolio management: capability evolution and maturity. *International Journal of Managing Projects in Business*, 6, 1, 131-151.
- Kima, E., Wells, W. G. & Duffey, M. R. (2003). A model for effective implementation of Earned Value Management methodology. *International Journal of Project Management*, 21, 5, 375-382.
- Klein, J. (1993). Modeling Risk Trade-Off. *Journal of the Operational Research Society*, 44, 5, 445-460.
- Koonce, D. A., Parks, Charles & Keys, L. K. (1994). A Dynamic, Realtime Approach to Long Duration Manufacturing Schedule Monitoring and Control. *Computers & Industrial Engineering*, 26, 4, 619-631.
- Krishnan, V., Eppinger, S. D. & Whitney, D. E. (Abril de 1997). A Model – Based Framework to overlap product development activities. *Management Science*, 43, 4, 437- 451.
- Kwak, Y. H. & Ibbs, C. W. (2002). Project Management Process Maturity (PM) Model. *Journal of Management in Engineering*, 18, 3, 150-155.
- Lester, A. (2007). *Project management: Planning and control*. Oxford, UK: Elsevier.

- Lewis, J. P. (1995). *The Project Manager's desk reference. A comprehensive guide to project planning, scheduling, evaluation, control & systems*. McGraw-Hill.
- Liang, T.-F. (2010). Applying fuzzy goal programming to project management decisions with multiple goals in uncertain environments. *Expert Systems with Applications*, 37, 12, 8499–8507.
- Lim, C. S. & Zain, M. M. (1999). Criteria of project success: An exploratory re-examination. *International Journal of Project Management*, 17, 4, 243-248.
- Lu, X., Guan, S., Tian, R. & Zhang, W. (2011). Using PERT/CPM Technology for the Development of College Graduates Seeking Employment in Project Planning. *Information Computing and Applications - Second International Conference*. Qinhuangdao, China.
- Luis, C. (2011). Selecting projects in a portfolio using risk and ranking. *Journal of Project, Program & Portfolio Management*, 2, 1, 10-28.
- Malcolm, D. G., Roseboom, J. H. & Clark, C. E. (1959). Application of a Technique for Research and Development Program Evaluation. *Operation Research*, 7, 5, 646-669.
- Mendonça, A. (2016). www.automonitor.pt. Retrieved from Auto Monitor, junho de 2016
- Meredith, J. & Mantel, S. (2008). *Project Management: A Managerial Approach*. John Wiley & Sons, Inc.
- Miguel, A. (2013). *Gestão Moderna de Projetos (7ª ed.)*. FCA- Editora Informática.
- Moder, J. & Phillips, C. R. (1970). *Project Management with CPM and PERT*. New York: Van Nostrand-Reinhold.
- Murteira, B., Ribeiro, C., Silva, J. & Pimenta, C. (2010). *Introdução à Estatística*. Escolar Editora.
- Pajares, J. & López-Paredes, A.-P. (2011). An extension of the EVM analysis for project monitoring: The Cost Control. *International Journal of Project Management*, 29, 5, 615-621.
- Partovi, F. & Burton, J. (1993). Timing of monitoring and control of CPM projects. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 40, 1, 68-75.
- Patanakul, P. & Shenhar, A. J. (fevereiro de 2012). What Project Strategy Really Is: The Fundamental Building Block in Strategic Project Management. *Project Management Journal*, 43, 1, 4-20.
- Pena-Mora, F. & Li, M. (2001). Dynamic Planning and Control Methodology for Design/Build Fast-Track Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 127, 1, 1-17.
- Perminova, O., Gustafsson, M. & Wikstrom, K. (2008). Defining uncertainty in projects – a new perspective. *International Journal of Project Management*, 26, 1, 73-79.
- Pich, M. T., Loch, C. H. & Meyer, A. (2002). On Uncertainty, Ambiguity, and Complexity in Project Management. *Management Science*, 48, 8, 1008–1023.
- Platje, A., Seidel, H. & Wadman, S. (1999). Project and Portfolio Planning Cycle. *International Journal of Project Management*, 12, 2, 337-342.
- Prasad, B. (1996). *Concurrent engineering fundamentals: Integrated product and process organization*. New Jersey: Prentice Hall PTR, Upper Saddle.
- Project Management Institute. (2013). *PMBOK Guide*.
- Roemer, T. A. & Ahmadi, R. (2004). Concurrent Crashing and Overlapping in Product Development. *Operations Research*, 52, 4, 606-622.
- Russell, R. S. & Taylor, B. W. (2006). *Operations management*. Hoboken, N.J.; Chichester: Wiley, 2006.

- Silva, H., Tereso, A. & Oliveira, J. (2012). Sequencing Activities in a Project Network using. International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain. Quebec (Canada).
- Terwiesch, C., Loch, C. & De Meyer, A. (2002). Exchanging Preliminary Information. *Organization Science*, 13, 4, 402-419.
- Vanhoucke, M. (2012). Measuring the efficiency of project control using fictitious and empirical project data. *International Journal of Project Management*, 30, 2, 252-263.
- Volkswagen Autoeuropa. (2016). www.volkswagenautoeuropa.pt. Obtido em 6 de Junho de 2016, de Volkswagen Autoeuropa
- Ward, S. & Chapman, C. B. (1995). Risk-management perspective on the project lifecycle. *International Journal of Project Management*, 13, 3, 145-149.
- Williams, T. (1995). A classified bibliography of recent research relating to project. *European Journal of Operational Research*, 85, 1, 18-38.
- Yang & Wang, Z (2010). Comparison between AON and AOA Network Diagrams. *Industrial IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 1507-1509

Anexos

Anexo I. *Project Charter*

A. Informações Gerais

Título do Projeto	Projeto de Aquisição de um Equipamento de Medição - Célula Ótica por Fotogrametria		
Descrição do Projeto	Projeto de aquisição e implementação de um novo equipamento de medição ótica no departamento de <i>Measuring</i> , na empresa Volkswagen Autoeuropa.		
Preparado por:	Liliana Martins Frade		
Data:	29 de Fevereiro, 2016	Versão:	1.2

B. Objetivos do Projeto

1. Aumentar a capacidade de medição do centro, conseguindo manter os níveis de qualidade e precisão necessárias com o aumento da produção;
2. Inovar os processos de medição existentes, conseguindo obter um maior número de informações nas medições realizadas;
3. Aumentar a eficiência do processo de medição, diminuindo o tempo de medição por peça e subconjunto.

C. Âmbito do Projeto

Este projeto surge com o aumento da produção previsto na fábrica de Palmela nos próximos meses, onde será esperado o lançamento de um novo modelo automóvel bem como a fabricação de outras peças para outros modelos do grupo VW. Assim é necessário aumentar o número de equipamentos de medição no Centro de Medições de forma a garantir o controlo de qualidade tanto numa fase de lançamento como numa fase posterior, “*on going*”.

D. Requisitos do Projeto

1. Viabilidade económica;
2. O custo total do projeto deve cumprir o *budget* definido pela sede da Volkswagen;
3. A seleção do fornecedor mais adequado deve ter em conta o cumprimento de todas as especificações presentes no caderno de encargos;
4. As especificações técnicas requeridas às empresas fornecedoras devem ser controladas ao longo do projeto;
5. Os equipamentos fornecidos devem garantir as condições de qualidade exigidas;
6. A calendarização das atividades e respetivas durações devem ser rigorosamente planeadas de modo a proporcionar um projeto exequível;
7. Novo *layout* do Centro de Medições deve facilitar o fluxo de material e pessoas;
8. A realocação dos equipamentos já existentes deve ser realizada, se possível no período de não produção de forma a evitar possíveis paragens de equipamentos;
9. Garantia de qualidade na subcontratação de empresas fornecedoras;
10. A formação dos colaboradores deve ser garantida pela empresa fornecedora;
11. Suporte e cooperação da empresa fornecedora do projeto durante a implementação do mesmo.

E. Exclusões

Exclusões	Descrição
Construção do novo equipamento	A VW AE não é responsável pelo processo de construção do novo equipamento.
Transporte do novo equipamento para a VW AE	A VW AE não é responsável pelo processo transporte do novo equipamento

F. Restrições

Restrições	Descrição
Tempo	O tempo é uma das restrições do projeto, uma vez que é necessário o seu término antes do início de produção do novo modelo automóvel, devido a problemas de capacidade do Centro de Medições.
Custo	O budget definido para o projeto, pela sede da VW não pode ser excedido, uma vez que este já não poderá sofrer alterações.

G. Milestones do Projeto

Milestones	Deliverables	Data
Identificação da necessidade de compra	Estudos de capacidade.	04/09/2015
Aprovação do projeto na Alemanha	Aprovação do projeto na sede da Volkswagen em Wolfsburg.	29/10/2015
Seleção do novo <i>layout</i> do Centro de Medições	Identificação de todas as alterações necessárias no departamento para alocação do novo equipamento de medição ótica.	11/12/2015
Envio do Caderno de Encargos	Caderno de Encargos	11/02/2016
Seleção do fornecedor do novo equipamento	Análise técnica e financeira das várias cotações recebidas e seleção do fornecedor.	04/04/2016
Seleção dos fornecedores de prestação de serviços	Seleção de todos os fornecedores de prestação de serviços necessários para realocação de equipamento e realização de obras no Centro de Medições.	09/06/2016
Obras de preparação para alocação do novo equipamento e realocação de equipamentos já existentes	Obras no Centro de Medições.	22/07/2016
Implementação do novo equipamento e realização de testes	Chegada do equipamento de medição e montagem do mesmo.	16/09/2016
Fim do projeto	-	07/10/2016

H. Responsabilidades do Projeto

Sponsor: trata-se da gestão de topo da VW AE e VW Wolfsburg	
Nome	Email / Telemóvel
Volkswagen Wolfsburg	(confidencial)
Recurso A	(confidencial)
Recurso B	(confidencial)
Recurso D	(confidencial)
Gestor do Projeto: responsável por todo o projeto.	
Nome	Email / Telemóvel
Recurso D	(confidencial)
Membros da equipa: Elementos responsáveis pelas diversas atividades.	
Nome	Email / Telemóvel
Recurso E	(confidencial)
Recurso F	(confidencial)
Recurso G	(confidencial)
Recurso H	(confidencial)
Recurso I	(confidencial)
Recurso J	(confidencial)
Recurso K	(confidencial)
Recurso L	(confidencial)
Recurso M	(confidencial)
Recurso N	(confidencial)

I. Riscos

Riscos	Estratégia de Mitigação
Incumprimento de custos	Análise detalhada de potenciais custos do projeto.
Não cumprimento das especificações requeridas	Reuniões mensais de controlo das atividades a realizar pelos fornecedores.
Incumprimento de prazos	Controlo de todas as atividades e pedido de <i>Timing Plans</i> das empresas fornecedoras.
Equipamento desadequado	<i>Benchmarking</i> com outras empresas do grupo Volkswagen.
Aquisição de um equipamento de medição pouco inovador	Benchmarking com outras empresas do Grupo.
Capacidade de medição insuficiente	Análise detalhada de potenciais equipamentos.
Dificuldades de negociação	Estreitar relações no processo de negociação.
Material danificado	Atribuição de penalizações aos fornecedores
Material incorreto	Atribuição de penalizações aos fornecedores
Atraso no fornecimento do material	Atribuição de penalizações aos fornecedores
Problemas de comunicação	Estabelecimento de um plano de gestão da comunicação
Formação insuficiente	Estabelecimento dos objetivos das formações.
Aquisição de Recursos extra	Planeamento de recursos a alocar.

J. Assinaturas

<i>Sponsors:</i>		
Nome	Assinatura	Data
Volkswagen Wolfsburg	(confidencial)	(confidencial)
Recurso A	(confidencial)	(confidencial)
Recurso B	(confidencial)	(confidencial)
Recurso C	(confidencial)	(confidencial)
<i>Project Manager:</i>		
Nome	Assinatura	Data
Recurso D	(confidencial)	(confidencial)

Anexo II. *Requirements Traceability Matrix*

Tabela II.1 - *Requirements Traceability Matrix* - Parte I

Nº	Categoria	Descrição do Requisito	Responsável pelo pedido	CrITÉrios de Aceitação	Responsabilidade	Prioridade
1	Orçamento	O projeto deve ter viabilidade económica.	Grupo VW	O projeto deve garantir que o processo de medição no Centro de Medições é melhorado e que irá garantir a medição das novas peças produzidas, apresentando assim, no futuro uma taxa de ocupação significativa.	Equipa de Projeto	Alta
2	Orçamento	O custo total do projeto deve cumprir o <i>budget</i> definido pela VW.	Grupo VW	O custo total do projeto não pode exceder o <i>budget</i> definido.	Equipa de Projeto	Alta
3	Qualidade	A seleção do fornecedor mais adequado deve ter em conta o cumprimento de todas as especificações presentes no caderno de encargos.	VW AE	O fornecedor selecionado deve responder a todas as especificações presentes no caderno de encargos.	Equipa de Projeto	Alta
4	Estratégia	As especificações técnicas requeridas às empresas fornecedoras devem ser controladas ao longo do projeto de forma a cumprirem com o definido no caderno de encargos.	VW AE	Não poderão ocorrer desvios no cumprimento das especificações requeridas.	Equipa de Projeto	Média
5	Qualidade	Os equipamentos fornecidos devem garantir as condições de qualidade exigidas.	VW AE	Não poderão ser desprezadas nenhuma das regras de qualidade a que as empresas fornecedoras se comprometeram.	Fornecedor célula ótica	Alta
6	Estratégia	A calendarização das atividades e respetivas durações devem ser rigorosamente planeadas de modo a proporcionar um projeto exequível.	VW AE	Não poderão ocorrer derrapagens de prazos, face ao estabelecido.	Equipa de Projeto	Alta
7	Qualidade	Novo <i>layout</i> do Centro de Medições deve facilitar o fluxo de material e pessoas.	VW AE	Deve ser possível movimentar os vários equipamentos de elevação e movimentação de cargas.	VW AE	Média
8	Estratégia	A realocação dos equipamentos já existentes deve ser realizada no período de não produção de forma a evitar possíveis paragens de equipamentos.	VW AE		Empresa Externa	Média

Tabela II.2 - Requirements Traceability Matrix - Parte II

Nº	Categoria	Descrição do Requisito	Responsável pelo pedido	Critérios de Aceitação	Responsabilidade	Prioridade
9	Qualidade	Garantia de qualidade na subcontratação de empresas fornecedoras.	VW AE	Devem ser cumpridas todas as atividades requeridas para o desempenho das empresas subcontratadas.	VW AE	Média
10	Qualidade	A formação dos colaboradores deve ser garantida pela empresa fornecedora.	VW AE	Deve ser dada formação a nível prático e técnico referente ao novo equipamento a implementar no centro a pelo menos 3 colaboradores da VW.	Fornecedor célula ótica	Média
11	Qualidade	Suporte e cooperação da empresa fornecedora do projeto durante a implementação do mesmo.	VW AE	Deve ser garantido um suporte e garantia do novo equipamento de no mínimo 24 meses.	Fornecedor célula ótica	Alta

Anexo IV. Atividades, Durações, Recursos e Precedências do Projeto

Tabela IV.1 – Dados das atividades do projeto - Parte I

Ref.	Cate- goria	Duração (dias)					Data		Atividade		Folga (dias)		Recursos			
		Otimista	Mais Provável	Pessimista	Esperada	Desvio Padrão	Início	Término	Predeces- soras	Crítica	Total	Livre	Nº Alocados	Nº Min	Nº Max Extra Disponíveis	Custo (UM)
A.1.1	1	13,50	15,00	16,50	15,00	0,50	02/02/15	20/02/15	-	Sim	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	227,11
Fictícia 1	2	13,50	15,00	16,50	15,00	0,50	02/02/15	20/02/15	-	Não	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A.1.2	1	13,50	15,00	16,50	15,00	0,50	23/02/15	13/03/15	2	Não	10,00	10,00	2,40	1,00	2,00	293,91
Fictícia 2	2	15,30	17,00	18,70	17,00	0,57	23/02/15	17/03/15	1	Sim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A.1.3	1	7,20	8,00	8,80	8,00	0,27	18/03/15	27/03/15	4	Sim	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	121,13
A.1.4	1	9,00	10,00	11,00	10,00	0,33	30/03/15	10/04/15	3; 5	Sim	0,00	0,00	2,00	1,00	1,00	151,41
A.2.1	1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	13/04/15	17/04/15	6	Sim	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	75,70
A.2.2	1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	20/04/15	24/04/15	7	Não	4,00	4,00	1,00	1,00	1,00	75,70
Fictícia 3	2	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	20/04/15	24/04/15	7	Sim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A.2.3	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	27/04/15	30/04/15	9	Sim	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	60,56
Fictícia 4	2	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	01/05/15	01/05/15	8; 10	Sim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela IV.2 - Dados das atividades do projeto - Parte II

Ref.	Cate- goria	Duração (dias)					Data		Atividade		Folga (dias)		Recursos			
		Otimista	Mais Provável	Pessimista	Esperada	Desvio Padrão	Início	Término	Predeces- soras	Crítica	Total	Livre	Nº Alocados	Nº Min	Nº Max Extra Disponíveis	Custo (UM)
A.2.4	1	9,00	10,00	11,00	10,00	0,33	04/05/15	15/05/15	11	Sim	0,00	0,00	2,00	1,00	1,00	151,41
A.3.1	1	18,00	20,00	22,00	20,00	0,67	18/05/15	12/06/15	12	Sim	0,00	0,00	0,30	0,30	1,00	570,00
A.3.2	1	9,00	10,00	11,00	10,00	0,33	15/06/15	26/06/15	13	Sim	0,00	0,00	0,50	0,50	2,00	255,56
A.4.1	1	21,60	24,00	26,40	24,00	0,80	29/06/15	30/07/15	14	Sim	0,00	0,00	0,30	0,30	2,00	518,25
A.4.2	1	18,00	20,00	22,00	20,00	0,67	29/06/15	24/07/15	14	Não	4,00	4,00	0,90	0,90	3,00	504,58
Fictícia 5	2	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	31/07/15	31/07/15	15; 16	Sim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A.5	1	9,00	10,00	11,00	10,00	0,33	24/08/15	04/09/15	17	Sim	0,00	0,00	0,30	0,30	1,00	345,00
Fictícia 6	2	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	07/09/15	11/09/15	18	Sim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A.6.1	1	18,00	20,00	22,00	20,00	0,67	14/09/15	09/10/15	19	Sim	0,00	0,00	1,00	1,00	2,00	0,00
A.6.2	1	12,60	14,00	15,40	14,00	0,47	12/10/15	29/10/15	18; 20	Sim	0,00	0,00	1,00	1,00	2,00	0,00
Fictícia 7	2	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	30/10/15	30/10/15	21	Sim	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela IV.3 - Dados das atividades do projeto - Parte III

Ref.	Cate- goria	Duração (dias)					Data		Atividade		Folga (dias)		Recursos			
		Otimista	Mais Provável	Pessimista	Esperada	Desvio Padrão	Início	Término	Predeces- soras	Crítica	Total	Livre	Nº Alocados	Nº Min	Nº Max Extra Disponíveis	Custo (UM)
B.1.1.1	1	27,00	30,00	33,00	30,00	1,00	02/11/15	11/12/15	22	Sim	0	0	0,25	0,25	2,00	570,38
B.1.1.2	1	27,00	30,00	33,00	30,00	1,00	02/11/15	11/12/15	22	Sim	0	0	0,25	0,25	2,00	570,38
B.1.2	1	27,00	30,00	33,00	30,00	1,00	02/11/15	11/12/15	22	Sim	0	0	0,25	0,25	2,00	570,38
Fictícia 8	2	7,20	8,00	8,80	8,00	0,27	20/01/16	29/01/16	23; 24; 25	Sim	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
B.2	1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	01/02/16	05/02/16	26	Sim	0	0	0,30	0,30	2,00	142,50
B.3.1	1	2,70	3,00	3,30	3,00	0,10	08/02/16	10/02/16	27	Sim	0	0	0,20	0,20	1,00	94,50
B.3.2	1	1,80	2,00	2,20	2,00	0,07	11/02/16	12/02/16	28	Sim	0	0	1,00	1,00	1,00	30,28
Fictícia 9	2	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	15/02/16	15/02/16	29	Não	2	0	0,00	0,00	0,00	0,00
B.4.1	3, 1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	16/02/16	16/02/16	30	Não	2	2	3,00	1,00	4,00	12,96
Fictícia 10	2	2,70	3,00	3,30	3,00	0,10	15/02/16	17/02/16	29	Sim	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
B.4.2	3, 1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	18/02/16	18/02/16	32	Sim	0	0	3,00	1,00	4,00	12,96
Fictícia 11	2	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	30/10/15	30/10/15	21	Não	93	0	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela IV.4 - Dados das atividades do projeto - Parte IV

Ref.	Cate- goria	Duração (dias)					Data		Atividade		Folga (dias)		Recursos			
		Otimista	Mais Provável	Pessimista	Esperada	Desvio Padrão	Início	Término	Predeces- soras	Crítica	Total	Livre	Nº Alocados	Nº Min	Nº Max Extra Disponíveis	Custo (UM)
C.1.1	1	13,50	15,00	16,50	15,00	0,50	02/11/15	20/11/15	34	Não	93	0	2,50	1,00	2,00	106,88
C.1.2.1	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	23/11/15	26/11/15	35	Não	126	0	0,20	0,20	1,00	114,00
C.1.2.2	1	25,20	28,00	30,80	28,00	0,93	23/11/15	05/02/16	35	Não	169	169	0,20	0,20	1,00	798,00
C.1.2.3	1	9,00	10,00	11,00	10,00	0,33	13/04/16	26/04/16	35; 71	Não	114	0	0,20	0,20	1,00	285,00
C.1.2.4	1	9,00	10,00	11,00	10,00	0,33	13/04/16	26/04/16	35; 71	Não	25	0	0,20	0,20	1,00	285,00
C.1.2.5	1	9,00	10,00	11,00	10,00	0,33	13/04/16	26/04/16	35; 71	Não	45	0	0,20	0,20	1,00	285,00
C.1.2.6	1	9,00	10,00	11,00	10,00	0,33	13/04/16	26/04/16	35; 71	Não	45	0	0,20	0,20	1,00	285,00
C.1.2.7	1	9,00	10,00	11,00	10,00	0,33	13/04/16	26/04/16	35; 71	Não	45	0	0,20	0,20	1,00	285,00
Fictícia 12	2	1,80	2,00	2,20	2,00	0,07	27/11/15	30/11/15	36	Não	126	0	0,00	0,00	0,00	0,00
C.1.3.1	1	54,00	60,00	66,00	60,00	2,00	01/12/15	08/04/16	43	Não	131	5	0,10	0,10	1,00	1710,00
C.1.3.2	1	58,50	65,00	71,50	65,00	2,17	01/12/15	15/04/16	43	Não	126	0	0,10	0,10	1,00	1852,50
C.1.3.3	1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	20/04/16	26/04/16	38 TI-5 dias	Não	114	18	0,20	0,20	1,00	142,50

Tabela IV.5 - Dados das atividades do projeto - Parte V

Ref.	Cate- goria	Duração (dias)					Data		Atividade		Folga (dias)		Recursos			
		Otimista	Mais Provável	Pessimista	Esperada	Desvio Padrão	Início	Término	Predeces- soras	Crítica	Total	Livre	Nº Alocados	Nº Min	Nº Max Extra Disponíveis	Custo (UM)
C.1.3.4	1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	20/04/16	26/04/16	39 TI-5 dias	Não	25	0	0,20	0,20	1,00	142,50
C.1.3.5	1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	20/04/16	26/04/16	40 TI-5 dias	Não	45	0	0,20	0,20	1,00	142,50
C.1.3.6	1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	20/04/16	26/04/16	41 TI-5 dias	Não	45	0	0,20	0,20	1,00	142,50
C.1.3.7	1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	20/04/16	26/04/16	42 TI-5 dias	Não	45	0	0,20	0,20	1,00	142,50
C.1.4	1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	07/12/15	11/12/15	44 TI-61 dias; 45 TI-61 dias	Não	132	51	5,00	1,00	4,00	166,50
Fictícia 13	2	19,80	22,00	24,20	22,00	0,73	30/10/15	30/11/15	21	Não	116	0	0,00	0,00	0,00	0,00
C.2.1.1	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	01/12/15	04/12/15	52	Não	116	0	0,40	0,40	1,00	114,00
C.2.1.2	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	01/12/15	04/12/15	52	Não	116	0	0,40	0,40	1,00	114,00
C.2.2.1	1	63,90	71,00	78,10	71,00	2,37	07/12/15	29/04/16	53	Não	116	116	0,02	0,02	1,00	2023,50
C.2.2.2	1	63,90	71,00	78,10	71,00	2,37	07/12/15	29/04/16	54	Não	116	116	0,02	0,02	1,00	2023,50
Fictícia 14	2	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	19/02/16	19/02/16	29; 31; 33	Sim	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela IV.6 - Dados das atividades do projeto - Parte VI

Ref.	Cate- goria	Duração (dias)					Data		Atividade		Folga (dias)		Recursos			
		Otimista	Mais Provável	Pessimista	Esperada	Desvio Padrão	Início	Término	Predeces- sor	Crítica	Total	Livre	Nº Alocados	Nº Min	Nº Max Extra Disponíveis	Custo (UM)
D.1	3, 1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	22/02/16	26/02/16	57	Sim	0	0	0,30	0,30	2,00	152,50
D.2.1.1	1	9,00	10,00	11,00	10,00	0,33	22/02/16	04/03/16	58 TI-5 dias	Sim	0	0	1,70	1,00	2,00	90,11
D.2.1.2	1	9,00	10,00	11,00	10,00	0,33	22/02/16	04/03/16	58 TI-5 dias	Sim	0	0	1,70	1,00	2,00	90,11
D.2.1.3	1	9,00	10,00	11,00	10,00	0,33	22/02/16	04/03/16	58 TI-5 dias	Sim	0	0	1,70	1,00	2,00	90,11
D.2.1.4	1	9,00	10,00	11,00	10,00	0,33	22/02/16	04/03/16	58 TI-5 dias	Sim	0	0	1,70	1,00	2,00	90,11
D.2.2	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	01/03/16	04/03/16	59 TI-4 dias; 60 TI- 4 dias; 61 TI-4 dias; 62 TI-4 dias	Sim	0	0	0,70	0,70	2,00	82,45
D.2.3	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	04/03/16	04/03/16	63 TI-1 dia	Sim	0	0	1,00	1,00	1,00	28,50
D.3	1	7,20	8,00	8,80	8,00	0,27	07/03/16	16/03/16	64	Sim	0	0	1,20	1,00	1,00	228,00
D.4	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	28/03/16	31/03/16	65	Sim	0	0	1,00	1,00	1,00	114,00

Tabela IV.7 - Dados das atividades do projeto - Parte VII

Ref.	Cate- goria	Duração (dias)					Data		Atividade		Folga (dias)		Recursos			
		Otimista	Mais Provável	Pessimista	Esperada	Desvio Padrão	Início	Término	Predeces- sor	Crítica	Total	Livre	Nº Alocados	Nº Min	Nº Max Extra Disponíveis	Custo (UM)
D.5	1	1,80	2,00	2,20	2,00	0,07	01/04/16	04/04/16	66	Sim	0	0	1,00	1,00	1,00	57,00
D.6	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	05/04/16	05/04/16	67	Sim	0	0	0,60	0,60	2,00	28,50
D.7	1	2,70	3,00	3,30	3,00	0,10	06/04/16	08/04/16	68	Sim	0	0	0,50	0,50	1,00	0,00
D.8	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	11/04/16	11/04/16	69	Sim	0	0	0,60	0,60	2,00	28,50
D.9	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	12/04/16	12/04/16	70	Sim	0	0	2,30	1,00	4,00	11,08
E.1	3, 1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	13/04/16	13/04/16	71	Sim	0	0	0,80	0,80	3,00	16,20
E.2	3, 1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	13/04/16	13/04/16	71	Sim	0	0	1,00	1,00	4,00	19,86
E.3	3, 1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	13/04/16	13/04/16	71	Sim	0	0	0,80	0,80	3,00	16,20
E.4	3, 1	78,30	87,00	95,70	87,00	2,90	14/04/16	12/08/16	71; 72; 73; 74	Sim	0	0	1,00	1,00	9,00	287,57
Fictícia 15	2	9,00	10,00	11,00	10,00	0,33	12/04/16	25/04/16	70	Não	116	0	0,00	0,00	0,00	0,00
E.5	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	26/04/16	29/04/16	76	Não	116	116	1,25	1,00	2,00	25,65

Tabela IV.8 - Dados das atividades do projeto - Parte VIII

Ref.	Cate- goria	Duração (dias)					Data		Atividade		Folga (dias)		Recursos			
		Otimista	Mais Provável	Pessimista	Esperada	Desvio Padrão	Início	Término	Predeces- sor	Crítica	Total	Livre	Nº Alocados	Nº Min	Nº Max Extra Disponíveis	Custo (UM)
Fictícia 16	2	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	15/08/16	15/08/16	75	Sim	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
E.6	3, 1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	16/08/16	16/08/16	78	Sim	0	0	2,00	1,00	1,00	31,50
Fictícia 17	2	13,50	15,00	16,50	15,00	0,50	11/04/16	29/04/16	51; 69	Não	110	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.1.1.1	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	02/05/16	05/05/16	80	Não	110	0	0,30	0,30	2,00	114,00
Fictícia 18	2	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	06/05/16	06/05/16	81	Não	110	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.1.1.2	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	09/05/16	09/05/16	82	Não	110	110	0,60	0,60	2,00	28,50
Fictícia 19	2	9,90	11,00	12,10	11,00	0,37	11/04/16	25/04/16	69	Não	72	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.1.2.1	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	26/04/16	29/04/16	84	Não	72	0	0,30	0,30	2,00	114,00
Fictícia 20	2	13,50	15,00	16,50	15,00	0,50	02/05/16	20/05/16	85	Não	72	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.1.2.2	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	23/05/16	23/05/16	86	Não	72	0	0,60	0,60	2,00	28,50
Fictícia 21	2	17,10	19,00	20,90	19,00	0,63	24/05/16	17/06/16	87	Não	72	0	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela IV.9 - Dados das atividades do projeto - Parte IX

Ref.	Cate- goria	Duração (dias)					Data		Atividade		Folga (dias)		Recursos			
		Otimista	Mais Provável	Pessimista	Esperada	Desvio Padrão	Início	Término	Predeces- sor	Crítica	Total	Livre	Nº Alocados	Nº Min	Nº Max Extra Disponíveis	Custo (UM)
F.1.2.3	1	8,10	9,00	9,90	9,00	0,30	20/06/16	30/06/16	88	Não	72	72	1,00	1,00	2,00	830,50
Fictícia 22	2	9,90	11,00	12,10	11,00	0,37	11/04/16	25/04/16	69	Não	72	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.1.3.1	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	26/04/16	29/04/16	90	Não	72	0	0,30	0,30	2,00	114,00
Fictícia 23	2	13,50	15,00	16,50	15,00	0,50	02/05/16	20/05/16	91	Não	72	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.1.3.2	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	23/05/16	23/05/16	92	Não	72	0	0,60	0,60	2,00	28,50
Fictícia 24	2	17,10	19,00	20,90	19,00	0,63	23/05/16	23/05/16	92	Não	72	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.1.3.3	1	8,10	9,00	9,90	9,00	0,30	20/06/16	30/06/16	94	Não	72	0	1,00	1,00	1,00	288,93
Fictícia 25	3, 1	9,90	11,00	12,10	11,00	0,37	11/04/16	25/04/16	69	Não	72	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.1.4.1	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	26/04/16	29/04/16	96	Não	72	0	0,30	0,30	2,00	114,00
Fictícia 26	2	13,50	15,00	16,50	15,00	0,50	02/05/16	20/05/16	97	Não	72	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.1.4.2	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	23/05/16	23/05/16	98	Não	72	0	0,60	0,60	2,00	28,50

Tabela IV.10 - Dados das atividades do projeto - Parte X

Ref.	Cate- goria	Duração (dias)					Data		Atividade		Folga (dias)		Recursos			
		Otimista	Mais Provável	Pessimista	Esperada	Desvio Padrão	Início	Término	Predeces- sor	Crítica	Total	Livre	Nº Alocados	Nº Min	Nº Max Extra Disponíveis	Custo (UM)
Fictícia 27	2	17,10	19,00	20,90	19,00	0,63	24/05/16	17/06/16	99	Não	72	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.1.4.3	1	8,10	9,00	9,90	9,00	0,30	20/06/16	30/06/16	100	Não	72	0	1,00	1,00	1,00	294,08
F.1.5	3, 1	2,70	3,00	3,30	3,00	0,10	30/05/16	01/06/16	87 TI-24 dias;95 TI- 24 dias;101 TI-24 dias	Não	87	0	1,00	1,00	2,00	142,50
F.1.6	3, 1	1,80	2,00	2,20	2,00	0,07	02/06/16	03/06/16	102	Não	87	0	1,00	1,00	2,00	142,50
F.1.7	3, 1	2,70	3,00	3,30	3,00	0,10	03/06/16	07/06/16	103 TI-1 dia	Não	87	0	1,00	1,00	2,00	142,50
F.1.8	3, 1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	08/06/16	08/06/16	104	Não	87	0	1,00	1,00	2,00	142,50
F.1.9	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	09/06/16	09/06/16	105	Não	87	87	0,60	0,60	2,00	28,50
Fictícia 28	2	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	11/04/16	15/04/16	51; 69	Não	81	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.2.1.1	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	18/04/16	21/04/16	107	Não	81	0	0,20	0,20	1,00	114,00
Fictícia 29	2	1,80	2,00	2,20	2,00	0,07	22/04/16	25/04/16	108	Não	81	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.2.1.2	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	26/04/16	26/04/16	109	Não	81	0	0,60	0,60	2,00	28,50

Tabela IV.11 - Dados das atividades do projeto - Parte XI

Ref.	Cate- goria	Duração (dias)					Data		Atividade		Folga (dias)		Recursos			
		Otimista	Mais Provável	Pessimista	Esperada	Desvio Padrão	Início	Término	Predeces- sor	Crítica	Total	Livre	Nº Alocados	Nº Min	Nº Max Extra Disponíveis	Custo (UM)
Fictícia 30	2	16,20	18,00	19,80	18,00	0,60	27/04/16	20/05/16	110	Não	81	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.2.2.1	1	6,30	7,00	7,70	7,00	0,23	23/05/16	31/05/16	111	Não	81	0	1,00	1,00	4,00	331,50
F.2.2.2	1	1,80	2,00	2,20	2,00	0,07	01/06/16	02/06/16	112	Não	81	0	1,00	1,00	1,00	189,00
F.2.2.3	1	1,80	2,00	2,20	2,00	0,07	01/06/16	02/06/16	112	Não	81	0	1,00	1,00	1,00	189,00
F.2.3	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	03/06/16	03/06/16	113; 114	Não	81	0	1,00	1,00	2,00	160,50
F.2.4	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	06/06/16	09/06/16	115	Não	81	0	1,00	1,00	3,00	246,00
Fictícia 31	2	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	10/06/16	10/06/16	116	Não	81	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.2.5	1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	13/06/16	17/06/16	117	Não	81	9	0,40	0,40	1,00	142,50
Fictícia 32	2	13,50	15,00	16,50	15,00	0,50	11/04/16	29/04/16	69	Não	71	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.3.1.1	1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	02/05/16	06/05/16	119	Não	71	0	1,00	1,00	1,00	142,50
F.3.1.2	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	09/05/16	12/05/16	120	Não	71	0	1,00	1,00	1,00	114,00

Tabela IV.12 - Dados das atividades do projeto - Parte XII

Ref.	Cate- goria	Duração (dias)					Data		Atividade		Folga (dias)		Recursos			
		Otimista	Mais Provável	Pessimista	Esperada	Desvio Padrão	Início	Término	Predeces- sor	Crítica	Total	Livre	Nº Alocados	Nº Min	Nº Max Extra Disponíveis	Custo (UM)
Fictícia 33	2	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	13/05/16	13/05/16	121	Não	71	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.3.1.3	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	16/05/16	16/05/16	122	Não	71	0	1,00	1,00	1,00	28,50
Fictícia 34	2	21,60	24,00	26,40	24,00	0,80	17/05/16	17/06/16	123	Não	71	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.3.2	1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	20/06/16	24/06/16	124	Não	71	0	1,02	1,00	2,00	142,50
F.3.3	1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	27/06/16	01/07/16	125	Não	71	71	0,40	0,40	1,00	142,50
Fictícia 35	2	13,50	15,00	16,50	15,00	0,50	11/04/16	29/04/16	51; 69	Não	110	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.4.1.1	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	02/05/16	05/05/16	127	Não	110	0	0,30	0,30	2,00	114,00
Fictícia 36	2	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	06/05/16	06/05/16	128	Não	110	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.4.1.2	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	09/05/16	09/05/16	129	Não	110	110	0,60	0,60	2,00	28,50
Fictícia 37	2	9,90	11,00	12,10	11,00	0,37	11/04/16	25/04/16	69	Não	72	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.4.2.1	2	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	26/04/16	29/04/16	131	Não	72	0	0,30	0,30	2,00	114,00

Tabela IV.13 - Dados das atividades do projeto - Parte XIII

Ref.	Cate- goria	Duração (dias)					Data		Atividade		Folga (dias)		Recursos			
		Otimista	Mais Provável	Pessimista	Esperada	Desvio Padrão	Início	Término	Predeces- sor	Crítica	Total	Livre	Nº Alocados	Nº Min	Nº Max Extra Disponíveis	Custo (UM)
Fictícia 38	2	13,50	15,00	16,50	15,00	0,50	02/05/16	20/05/16	132	Não	72	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.4.2.2	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	23/05/16	23/05/16	133	Não	72	0	0,60	0,60	2,00	28,50
Fictícia 39	2	17,10	19,00	20,90	19,00	0,63	24/05/16	17/06/16	134	Não	72	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.4.2.3	1	8,10	9,00	9,90	9,00	0,30	20/06/16	30/06/16	135	Não	72	0	1,00	1,00	1,00	288,93
Fictícia 40	2	9,90	11,00	12,10	11,00	0,37	11/04/16	25/04/16	69	Não	72	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.4.3.1	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	26/04/16	29/04/16	137	Não	72	0	0,30	0,30	2,00	114,00
Fictícia 41	2	13,50	15,00	16,50	15,00	0,50	02/05/16	20/05/16	138	Não	72	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.4.3.2	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	23/05/16	23/05/16	139	Não	72	0	0,60	0,60	2,00	28,50
Fictícia 42	2	17,10	19,00	20,90	19,00	0,63	24/05/16	17/06/16	140	Não	72	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.4.3.3	3, 1	8,10	9,00	9,90	9,00	0,30	20/06/16	30/06/16	141	Não	72	0	1,00	1,00	1,00	294,08

Tabela IV.14 - Dados das atividades do projeto - Parte XIV

Ref.	Cate- goria	Duração (dias)					Data		Atividade		Folga (dias)		Recursos			
		Otimista	Mais Provável	Pessimista	Esperada	Desvio Padrão	Início	Término	Predeces- sor	Crítica	Total	Livre	Nº Alocados	Nº Min	Nº Max Extra Disponíveis	Custo (UM)
F.4.4	3, 1	2,70	3,00	3,30	3,00	0,10	02/06/16	02/06/16	143	Não	87	0	1,00	1,00	2,00	142,50
F.4.5	3, 1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	03/06/16	07/06/16	144	Não	87	0	1,00	1,00	2,00	142,50
F.4.6	3, 1	2,70	3,00	3,30	3,00	0,10	08/06/16	08/06/16	145	Não	87	0	1,00	1,00	2,00	142,50
F.4.7	3, 1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	09/06/16	09/06/16	146	Não	87	87	1,00	1,00	2,00	142,50
F.4.8	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	13/04/16	06/05/16	71	Não	96	0	0,40	0,40	1,00	28,50
Fictícia 43	2	16,20	18,00	19,80	18,00	0,60	09/05/16	20/05/16	148	Não	96	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.5.1.1	1	9,00	10,00	11,00	10,00	0,33	23/05/16	27/05/16	46; 149	Não	96	96	1,00	1,00	1,00	285,00
F.5.1.2	1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	27/04/16	03/06/16	50; 71	Não	45	0	1,00	1,00	1,00	152,50
Fictícia 44	2	25,20	28,00	30,80	28,00	0,93	06/06/16	09/06/16	151	Não	45	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.5.2.1	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	02/06/16	02/06/16	143	Não	87	0	0,30	0,30	2,00	114,00
F.5.2.2	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	09/06/16	09/06/16	152 TI-1 dia	Não	45	0	0,60	0,60	2,00	28,50

Tabela IV.15 - Dados das atividades do projeto - Parte XV

Ref.	Cate- goria	Duração (dias)					Data		Atividade		Folga (dias)		Recursos			
		Otimista	Mais Provável	Pessimista	Esperada	Desvio Padrão	Início	Término	Predecessoras	Crítica	Total	Livre	Nº Alocados	Nº Min	Nº Max Extra Disponíveis	Custo (UM)
Fictícia 45	2	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	10/06/16	10/06/16	153	Não	45	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.5.2.3	1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	13/06/16	17/06/16	154	Não	45	20	1,00	1,00	2,00	642,50
Fictícia 46	2	25,20	28,00	30,80	28,00	0,93	27/04/16	03/06/16	49; 71	Não	45	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.5.3.1	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	06/06/16	09/06/16	156	Não	45	0	0,30	0,30	2,00	114,00
F.5.3.2	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	09/06/16	09/06/16	157 TI-1 dia	Não	45	0	0,60	0,60	2,00	28,50
Fictícia 47	2	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	10/06/16	10/06/16	158	Não	45	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.5.3.3	1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	13/06/16	17/06/16	159	Não	45	20	1,00	1,00	1,00	217,50
Fictícia 48	2	25,20	28,00	30,80	28,00	0,93	27/04/16	03/06/16	48; 71	Não	45	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.5.4.1	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	06/06/16	09/06/16	161	Não	45	0	0,30	0,30	2,00	114,00
F.5.4.2	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	09/06/16	09/06/16	162 TI-1 dia	Não	45	0	0,60	0,60	2,00	28,50
Fictícia 49	2	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	10/06/16	10/06/16	163	Não	45	0	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabela IV.16 - Dados das atividades do projeto - Parte XVI

Ref.	Cate- goria	Duração (dias)					Data		Atividade		Folga (dias)		Recursos			
		Otimista	Mais Provável	Pessimista	Esperada	Desvio Padrão	Início	Término	Predeces- sor	Crítica	Total	Livre	Nº Alocados	Nº Min	Nº Max Extra Disponíveis	Custo (UM)
F.5.4.3	1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	13/06/16	17/06/16	164	Não	45	20	1,00	1,00	1,00	342,50
Fictícia 50	2	25,20	28,00	30,80	28,00	0,93	27/04/16	03/06/16	47;73	Não	25	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.5.5.1	1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	06/06/16	09/06/16	166	Não	25	0	0,30	0,30	2,00	114,00
F.5.5.2	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	09/06/16	09/06/16	167 TI-1 dia	Não	25	0	0,60	0,60	2,00	28,50
Fictícia 51	2	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	10/06/16	10/06/16	168	Não	25	0	0,00	0,00	0,00	0,00
F.5.5.3	1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	13/06/16	17/06/16	169	Não	25	0	1,00	1,00	2,00	892,50
F.5.6.1	1	18,00	20,00	22,00	20,00	0,67	20/06/16	15/07/16	170	Não	25	0	1,00	1,00	4,00	1270,00
F.5.7	1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	18/07/16	22/07/16	155; 160; 165; 170; 171	Não	25	25	0,40	0,40	1,00	142,50
Fictícia 52	2	2,70	3,00	3,30	3,00	0,10	17/08/16	19/08/16	79	Sim	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
G.1	3, 1	3,60	4,00	4,40	4,00	0,13	22/08/16	25/08/16	173	Sim	0	0	1,00	1,00	1,00	150,00
G.2	1	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	26/08/16	26/08/16	174	Sim	0	0	0,40	0,40	1,00	46,31

Tabela IV.17 - Dados das atividades do projeto - Parte XVII

Ref.	Cate- goria	Duração (dias)					Data		Atividade		Folga (dias)		Recursos			
		Otimista	Mais Provável	Pessimista	Esperada	Desvio Padrão	Início	Término	Predeces- soras	Crítica	Total	Livre	Nº Alocados	Nº Min	Nº Max Extra Disponíveis	Custo (UM)
G.3	3, 1	9,00	10,00	11,00	10,00	0,33	29/08/16	09/09/16	172; 175	Sim	0	0	1,00	1,00	7,00	150,00
G.4	3, 1	9,00	10,00	11,00	10,00	0,33	05/09/16	16/09/16	176 TI-5 dias	Sim	0	0	2,00	1,00	1,00	150,00
H.1	3, 1	9,00	10,00	11,00	10,00	0,33	12/09/16	23/09/16	177 TI-5 dias	Sim	0	0	5,00	1,00	4,00	228,00
I.1	3, 1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	26/09/16	30/09/16	178	Sim	0	0	5,00	1,00	4,00	114,00
I.2	3, 1	4,50	5,00	5,50	5,00	0,17	03/10/16	07/10/16	179	Sim	0	0	5,00	1,00	4,00	114,00
I.3	2	0,90	1,00	1,10	1,00	0,03	10/10/16	10/10/16	180	Sim	0	0	4,00	1,00	3,00	0,00

Anexo VI. Recursos alocados no projeto

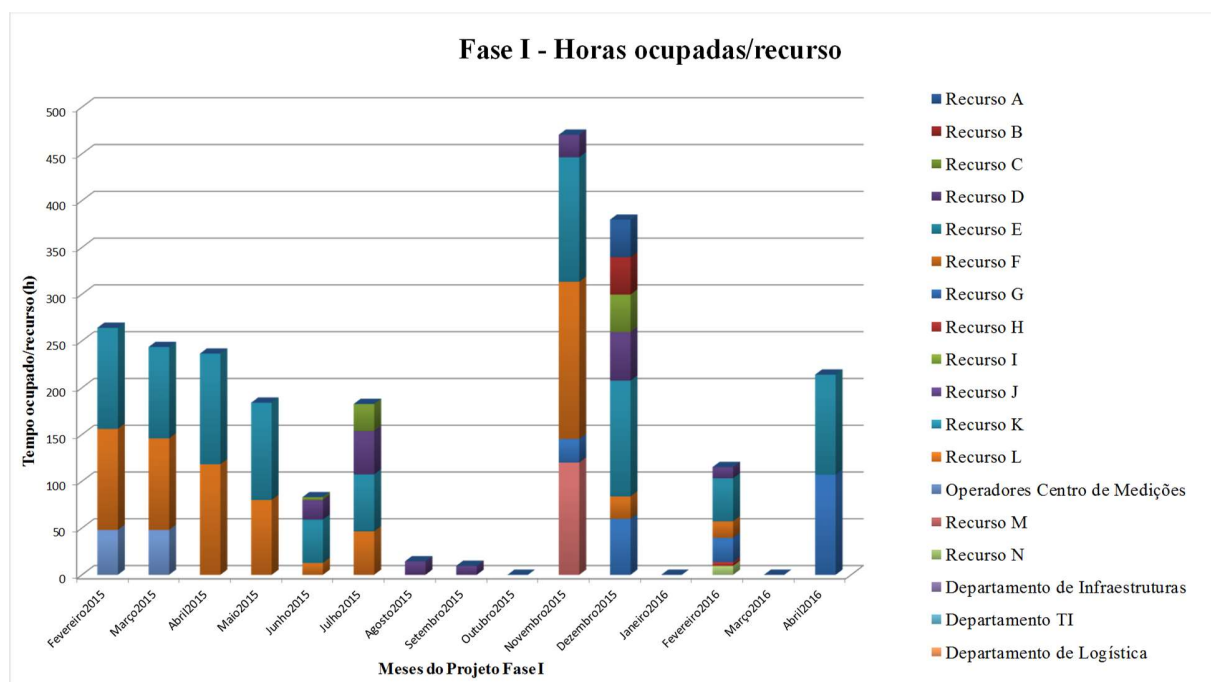


Figura VI.1 - Horas ocupadas por recurso – Fase I

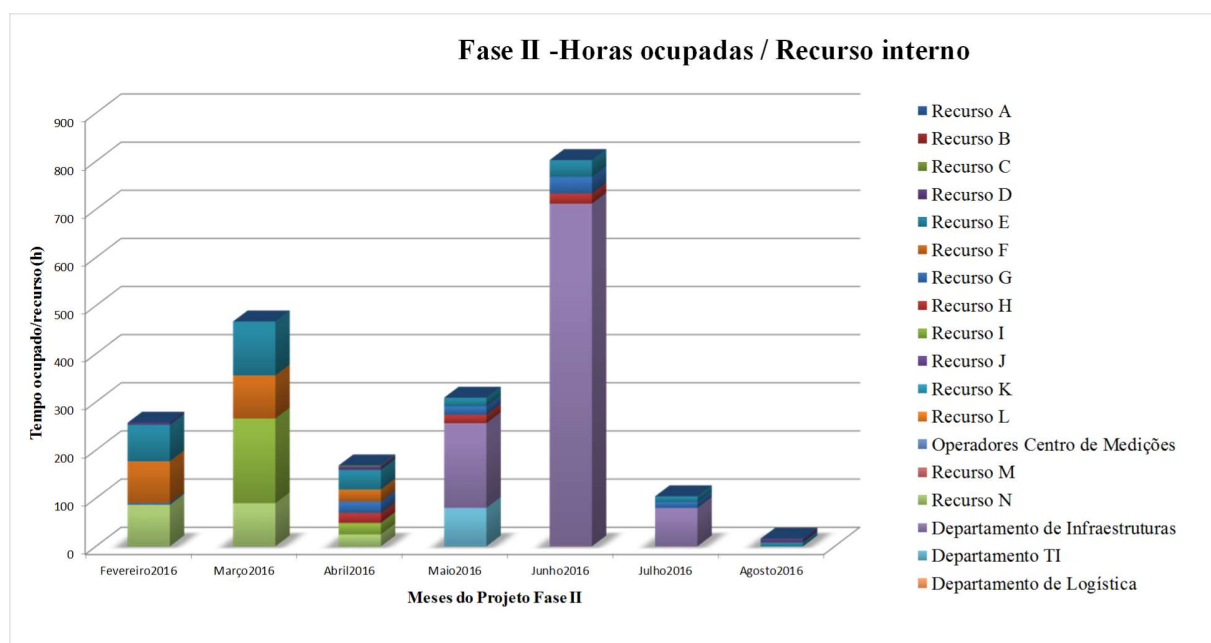


Figura VI.2 - Horas ocupadas por recurso – Fase II

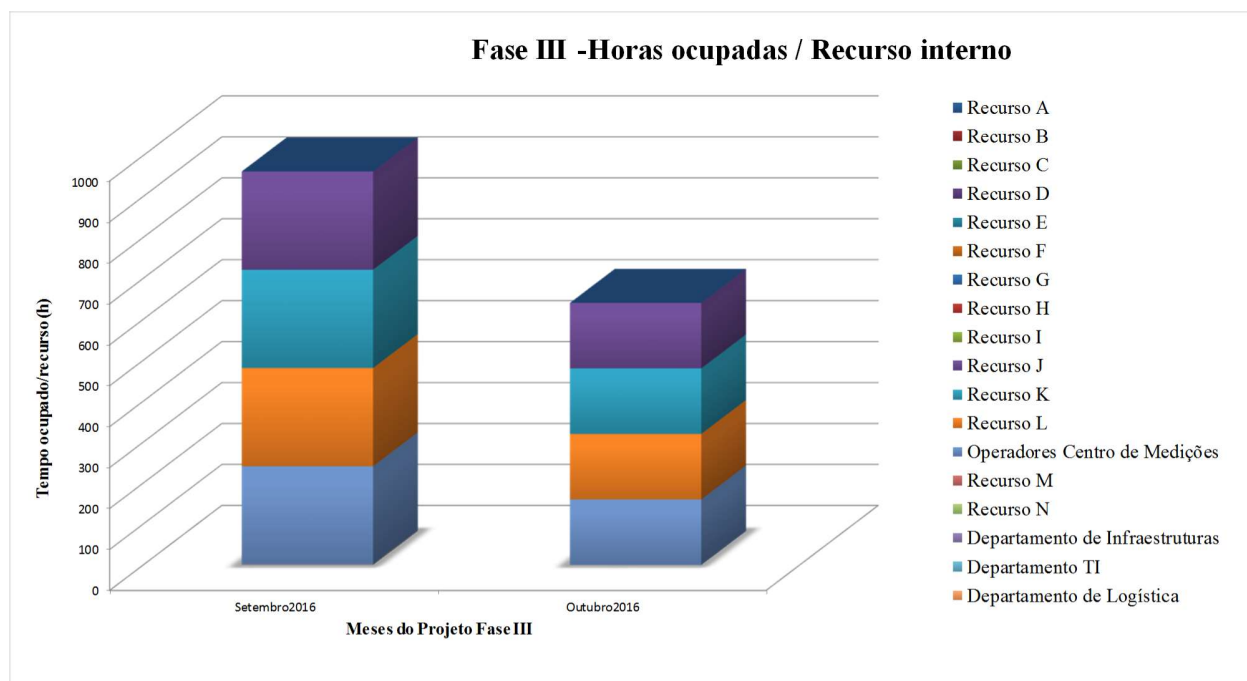


Figura VI.3 - Horas ocupadas por recurso – Fase III

Anexo VII. Project Risk Register

Tabela VII.1 - Project Risk Register Parte I

Nº do Risco	Causas	Tipo de Risco (Prob*Im-pacto)	Plano de Resposta	Plano de Contingência	Responsabilidade
R.1.1	Erro na seleção do equipamento.	Moderado	Realização de <i>benchmarking</i> com um maior número de empresas do grupo VW	Reunião com a empresa fornecedora do equipamento para verificar se todas as necessidades requeridas estão contempladas no novo equipamento	Equipa de projeto
R.1.2	Erro na seleção do equipamento.	Moderado	Avaliação pormenorizada das especificações técnicas de potenciais equipamentos de medição no mercado	Reunião de esclarecimento de questões com os fornecedores	Equipa de projeto/ Fornecedores do Projeto
R.1.3	Erro na seleção do equipamento.	Baixo	-	-	-
R.2	Não cumprimento de todas as especificações necessárias nos contratos realizados; Não planeamento de todos os custos implícitos no projeto; Ineficiência na realização das atividades.	Elevado	Atenção redobrada na definição do âmbito dos trabalhos e equipamentos contratualizados, garantindo que estes contemplam qualquer imprevisto e o que o mesmo não terá de ser suportado pela empresa	Reduzir o número de atividades do projeto e do número de recursos alocados	Equipa de Projeto
R.3.1	Falhas de comunicação.	Moderado	Estreitar relações no processo de negociação	Negociação direta com o fornecedor	Equipa de projeto/ Fornecedores do projeto
R.4	Serviço de não qualidade por parte da empresa subcontratada; Erro na seleção dos fornecedores.	Moderado	Atribuir penalizações e prémios de desempenho	Seleção de um fornecedor alternativo	Equipa de projeto/ Fornecedores do projeto

Tabela VII.2 - Project Risk Register Parte II

Nº do Risco	Causas	Tipo de Risco (Prob*Im-pacto)	Plano de Resposta	Plano de Contingência	Responsabilidade
R.5	Erro na seleção dos fornecedores; Problemas de comunicação.	Moderado	Atribuir penalizações e prémios de desempenho	Seleção de um fornecedor alternativo	Equipa de projeto/ Fornecedores do projeto
R.6	Atraso na construção do equipamento de medição; Incerteza do tempo de transporte.	Moderado	Criação de janelas temporais e pedido de garantias de entrega (<i>Timing Plan</i> do próprio fornecedor)	Selecionar fornecedores que se localizem nas proximidades da VW AE para realização de um maior controlo de todas as atividades	Equipa de projeto/ Fornecedores do projeto
R.7	Erro na seleção dos fornecedores.	Elevado	Aplicar penalizações aos fornecedores e responsabilizá-los pelos danos causados	Seleção de um fornecedor alternativo	Equipa de Projeto
R.8	Atrasos no fornecimento de material; Atrasos das atividades críticas do projeto.	Elevado	Aplicar penalizações aos fornecedores pelos dias de atraso.	Alocação de recursos extra	Equipa de Projeto
R.9	Meios de comunicação ineficientes.	Moderado	Estabelecimento de um plano de gestão da comunicação	Reuniões mensais com todos os envolvidos no projeto.	Equipa de projeto/ Fornecedores do projeto
R.10	Formação técnica desadequada; Erros na definição dos objetivos da formação.	Moderado	Criar um plano detalhado com os principais pontos que devem ser abordados	Estender o número de horas de formação.	Equipa de projeto/ Fornecedores do projeto
R.11.1	Erro no planeamento inicial de recursos necessários para execução das atividades.	Moderado	Verificação do número total de recursos disponíveis no projeto	Redistribuição dos recursos alocados nas atividades do projeto	Equipa do projeto

Anexo VIII. Documentação de Suporte - *Inputs*

Ficha Técnica	
Projeto	
Atividade	
Ref. Atividade	
Responsável	
Controlo de Atividade	
Ponto de Controlo	
Elaborado por:	
Data:	
Hora:	

Prazo	
1. Percentagem de conclusão da atividade?	<div>0% <input type="checkbox"/></div> <div>25% <input type="checkbox"/></div> <div>50% <input type="checkbox"/></div> <div>75% <input type="checkbox"/></div> <div>100% <input type="checkbox"/></div>
2. A atividade é crítica?	<div>Sim <input type="checkbox"/></div> <div>Não <input type="checkbox"/></div>
3. A atividade encontra-se atrasada face ao planeado?	<div>Sim <input type="checkbox"/></div> <div>Não <input type="checkbox"/></div>
4. Quais os motivos de atraso?	<div></div> <div></div>

Recursos	
1. Qual o número de recursos atualmente alocados?	
2. Entidade responsável pela atividade?	
3. Existem Recursos extra disponíveis?	<div>Sim <input type="checkbox"/></div> <div>Não <input type="checkbox"/></div> <div>Nº <input type="text"/></div>
4. Recursos extra alocados?	<div>Sim <input type="checkbox"/></div> <div>Não <input type="checkbox"/></div> <div>Nº <input type="text"/></div>

Custos	
1. A atividade apresenta custos extra face ao planeado?	<div>Sim <input type="checkbox"/></div> <div>Não <input type="checkbox"/></div>
2. Custos com prestação de serviços?	
3. Custos com equipamentos e materiais?	
4. Custos com recursos humanos?	
5. Custos com recursos extra?	

Figura VIII.1 - Documentação de Suporte Proposta

Fonte: Ferramenta criada para a VW AE

Anexo IX. Documentação de *Outputs*

Tabela IX.1 - Tabela resumo da aplicação da metodologia



	Pontos de Controlo			
	0	1	2	3
Duração Prevista do Projeto (dias)				
Desvio Padrão (dias)				
P(Duração o projeto > Target)				
Derrapagem de Prazos (dias)				
Custo com Derrapagem de Prazos				
Custo (Derrapagem de Prazos) Após Crashing				
Custo <i>Crashing</i>				
Custo Crashing + Derrapagem de Prazos				
Custo (Derrapagem de Prazos) Após Fast Tracking				
Custo <i>Fast Tracking</i>				
Custo <i>Fast Tracking</i> + Derrapagem de Prazos				
Custo de Replaneamento do Projeto (Total)				

Fonte: Ferramenta criada para a VW AE

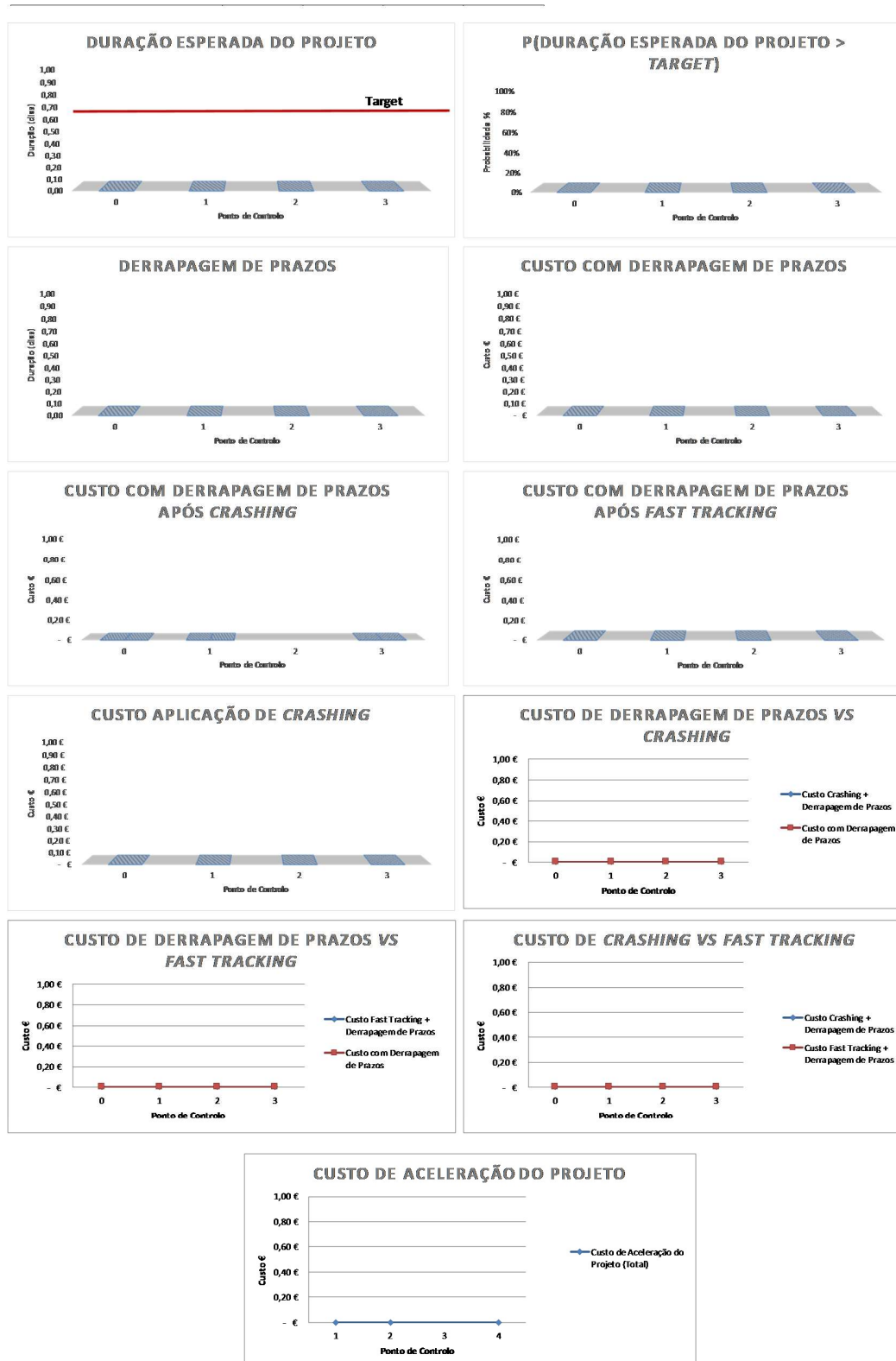


Figura IX.1 - Gráficos de documentação de *outputs*

Anexo X. *Inputs* – Parte I da Metodologia

Tabela X.1 - Identificação de *inputs*

<i>Inputs</i>	Categoria	Localização
Número de turnos diários envolvidos no projeto	Empresa	1
Duração de um turno diário	Empresa	8 horas
Identificação do ponto de controle	Empresa	Ponto de Controle 0; I;II;III
Identificação do <i>target</i> pretendido de duração do projeto	Empresa	392 dias
<i>WBS</i>	Atividades	Anexo III
Precedências/ atividade	Atividades	Anexo V
Categoria das atividades	Atividades	Anexo IV
Duração mais provável/atividade	Atividades	Anexo IV
Fator otimista e pessimista	Atividades	0,9 /1,1
Fator de <i>rework</i>	Atividades	0,2
Número de recursos humanos atualmente alocados/atividade	Recursos	Anexo IV
Porcentagem de ocupação dos recursos humanos /atividade	Recursos	Anexo IV
Número mínimo de recursos humanos/Atividade	Recursos	Anexo IV
Número máximo de recursos humanos Extra/atividade	Recursos	Anexo IV
Custos Médio/h.recurso humano	Custos	Anexo IV
Fator incremental de alocação de recursos humano extra	Custos	1,3
Custos com serviços prestados e material/atividade	Custos	Tabela 4.13 Tabela 4.14

Anexo XI. Programação Função Crash no Solver

Figura XI.1 - Programação Função *Crash* – Solver

```
Sub CrashFinal()  
|  
' CrashFinal Macro  
|  
|  
| SolverOk SetCell:="$A$33", MaxMinVal:=2, ValueOf:=0, ByChange:="$O$11:$O$20", _  
| Engine:=2, EngineDesc:="Simplex LP"  
| SolverOk SetCell:="$A$33", MaxMinVal:=2, ValueOf:=0, ByChange:="$O$11:$O$20", _  
| Engine:=2, EngineDesc:="Simplex LP"  
| SolverSolve  
End Sub
```

Figura XI.2 - Programação Macro – Botão *Crash*